VEM-Handbuch Automatisierungsanlagen

Redaktionelle Leitung: Dr.-Ing. Joachim Kliemann

Autoren

Ing. Herbert Beuchel
Abschnitte 5.1.; 5.4.

Dipl.-Ing. Lothar Blackert
Abschnitt 8.

Dr.-Ing. Reinhard Gurth
Abschnitt 4.3.2.

Dr.-Ing. Joachim Kliemann
Abschnitte 1.; 2.; 3.; 6.

Dipl.-Ing. Bernd Moltmann
Abschnitte 4.1.2.1.; 7.

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Piechatschek
Abschnitte 4.1.6.; 4.1.7.; 4.2.; 4.3.1.

Dipl.-Ing. Peter Poser
Abschnitte 4.1.1.; 4.1.2.2.; 4.1.2.3.; 4.1.3.; 4.1.4.; 4.3.3.; 4.4.; 4.5.6.; 4.5.7.; 4.7.2.

Dipl.-Ing. Helmut Sadowski
Abschnitte 4.6.; 4.7.1.; 4.7.3.

Dipl.-Ing. Werner Schütze
Abschnitte 4.5.2.; 4.5.5.

Dr. oec. Gunter Venus
Abschnitte 5.2.; 5.3.; 5.5.

Dipl.-Ing. Johannes Wätzel
Abschnitte 4.1.5.; 4.5.1.; 4.5.3.; 4.5.4.

VEM-Handbuch Automatisierungsanlagen

Herausgeber:
Zentrum für Forschung und Technologie
des VEB Elektroprojekt
und Anlagenbau Berlin



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

VEM-Handbuch Automatisierungsanlagen / [Autoren:
Herbert Beuchel . . .]. Hrsg.: Zentrum für Forschung u. Technologie d. VEB Elektroprojekt u. Anlagenbau Berlin. – 1. Aufl. – Berlin : Verl. Technik, 1986. – 384 S.: 211 Bilder, 80 Taf.

ISBN 3-341-00066-6

1. Auflage

Lizenz 201 · 370/65/86
DK 62-523.8 : 681.32 : 621.391 : 007.52 · LSV 3043 · VT 3/5759-1
Lektor: Jürgen Reichenbach
Schutzumschlag: Kurt Beckert
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) Nationales Druckhaus Berlin · Betrieb der VOB National
Bestellnummer: 553 603 6
03800

Vorwort

Mit dem Einsatz der Mikroelektronik in der Automatisierungstechnik ergeben sich gravierende Einflüsse auf die technische Vorbereitung, Herstellung und Anwendung von Automatisierungsanlagen. Die Auswirkungen und Konsequenzen dieser Einflüsse sind gegenwärtig, bedingt durch das enorme Entwicklungstempo der Mikroelektronik, oft nur in groben Umrissen einschätzbar. Es werden tiefgreifende Wandlungsprozesse in der Anwendung der Automatisierungstheorie, bei den Automatisierungsgeräten und in den Herstellungsprozessen von Automatisierungsanlagen ausgelöst. Dabei wird das Ziel verfolgt, die großen Möglichkeiten der Mikroelektronik zur Rationalisierung und Gebrauchswerterhöhung der Erzeugnisse umfassend zu nutzen.

Die Mikroprozessoren und Mikrorechner als leistungsfähigste Erzeugnisse der Mikroelektronik ermöglichen die breite Einführung des Prinzips der digitalen Informationsverarbeitung in Automatisierungsanlagen. Damit besteht eine ökonomische attraktive Möglichkeit, die Vorzüge der Prozeßrechentechnik für die Lösung neuer und anspruchsvollerer Automatisierungsaufgaben zu nutzen. Das Zusammenführen der Meß-, Regelungs-, Steuerungs- und Prozeßrechentechnik wird durch die zunehmend sich verbreitende einheitliche Bauelementebasis stark begünstigt.

Mit fortschreitender Anwendung der Mikroprozeßrechentechnik wächst auch die Forderung nach Rationalisierung der Softwareerarbeitung. Dieser Problemkreis gewinnt besondere Bedeutung, da er wesentlich den Aufwand und die Effektivität der Herstellung und des Einsatzes von Automatisierungsanlagen bestimmt. Bestreben des Automatisierungsanlagenbaus ist es, hierzu frühzeitig geeignete Strategien und Arbeitsmittel zu entwickeln.

Das vorliegende VEM-Handbuch Automatisierungsanlagen soll durch die Darstellung des in der DDR erreichten Entwicklungsstands und typischer Einsatzbeispiele von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern dazu beitragen, einen großen Leserkreis auf die schnell wachsenden Anforderungen bei der Herstellung und Anwendung von Automatisierungsanlagen vorzubereiten. Die Autoren wurden von dem Bestreben geleitet, ihre bei der Entwicklung und Einsatzvorbereitungen dezentraler Automatisierungsanlagen gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen den Fachleuten in den Bereichen Entwicklung, Projektierung, Fertigung, Inbetriebnahme und Instandhaltung sowie den Studierenden der entsprechenden Fachrichtungen zu vermitteln. Dafür soll ihnen an dieser Stelle gedankt werden.

Für die kritischen und fördernden Hinweise zum Manuskript sind die Autoren den Herren Prof. Dr. *W. Kriesel* und Dr. *W. Britall* zu Dank verpflichtet. Frau *D. Gentz* und Frau *I. Kliemann* sei gedankt für ihre Mitwirkung bei der Fertigstellung des Manuskripts. Den Mitarbeitern des Herausgebers und des Verlags ist für die Unterstützung und verständnisvolle Förderung des Buchvorhabens zu danken.

Teltow *Joachim Kliemann*

Inhaltsverzeichnis

1. **Einführung** 13

2. **Gestaltung von Automatisierungsanlagen** 15

2.1. Ziele der Anlagengestaltung 15
2.2. Systemtechnische Grundlagen 17
2.3. Prinzipien der Anlagengestaltung 19
2.4. Bewertung von Automatisierungsanlagen 22

3. **Anlagentechnik** 25

3.1. Entwicklungstendenzen 25
3.1.1. Einfluß digitaler Automatisierungsmittel 25
3.1.1.1. Auswirkungen der Mikroelektronik 25
3.1.1.2. Automatisierungsgeräte und -einrichtungen 27
3.1.2. Anlagenstrukturen 32
3.1.3. Lichtwellenleittechnik 35
3.2. Mikroprozeßrechentechnik in Automatisierungsanlagen 38
3.2.1. Gerätesysteme 38
3.2.1.1. Erweiterung der Funktion von Meßgeräten 38
3.2.1.2. Digitale Informationsverarbeitungseinrichtungen 39
3.2.2. Anlagensysteme 42
3.2.2.1. Inselbetrieb 42
3.2.2.2. Verbundbetrieb 43
3.3. Dezentrale Automatisierungsanlagensysteme 45
3.3.1. Systemübersicht 45
3.3.2. Einsatzvarianten 47
3.3.2.1. Technologische Linie Verfahrenstechnik/Chemie 47
3.3.2.2. Technologische Linie Kraftwerke 47
3.3.2.3. Technologische Linie Warmwalzwerke 47
3.3.2.4. Technologische Linie Tagebautechnik 50

4. **Dezentrale Automatisierungsanlagen für verfahrenstechnische Prozesse** 52

4.1. Anlagenaufbaukonzept 52
4.1.1. Merkmale 52
4.1.2. Anlagenkonfiguration 57
4.1.2.1. Autonome Automatisierungseinrichtung 57
4.1.2.2. Kleinverbundanlage 58
4.1.2.3. Großverbundanlage 62
4.1.3. Informationsgewinnung und -nutzung 66

4.1.3.1. Informationsgewinnung 66
4.1.3.2. Informationsnutzung 67
4.1.4. Einrichtungsfunktionen 68
4.1.4.1. Basissteuereinheit 68
4.1.4.2. Reserve-Basissteuereinheit 73
4.1.4.3. Bedienpult 75
4.1.4.4. Datenbahnsteuerstation 79
4.1.4.5. Wartenrechnerkoppeleinheit 81
4.1.4.6. Wartenrechner 82
4.1.5. Informationsübertragung 82
4.1.5.1. Randbedingungen der Datenübertragung 82
4.1.5.2. Prozeduren der Datenübertragung 83
4.1.5.3. Bussteuerung 84
4.1.5.4. Gestaltung eines Übertragungsvorgangs 85
4.1.5.5. Struktur des Datenteils im Telegramm 86
4.1.6. Anlagenstromversorgung 86
4.1.7. Anlagenschutz 88
4.1.7.1. Störbeeinflussung 88
4.1.7.2. Blitzschutz 91
4.1.7.3. Explosionsschutz 92
4.2. Baugruppen für Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern 93
4.2.1. Grundeinheit 94
4.2.1.1. Rechnerkern 95
4.2.1.2. Datenübertragung 98
4.2.1.3. Prozeßeingabe und -ausgabe 99
4.2.1.3.1. Analogeingabe 100
4.2.1.3.2. Analogausgabe 105
4.2.1.3.3. Digitaleingabe 106
4.2.1.3.4. Digitalausgabe 107
4.2.1.4. Koppelbaugruppen für Kommunikation und periphere Geräte 109
4.2.1.5. Systemüberwachung 110
4.2.1.6. Service und Inbetriebnahme 110
4.2.2. Ergänzungsbaugruppen 110
4.2.3. Stromversorgung für die Baugruppen 112
4.2.3.1. Netzanschlußeinheit 112
4.2.3.2. Einspeisemodul 112
4.2.3.3. Überwachungsbaugruppen 114
4.2.3.4. Stromversorgungsmodule 114
4.2.3.5. Stromversorgungsmodule für Sonderfunktionen 117
4.2.4. Lüfterkassette 117
4.2.5. Anschluß- und Verbindungsbaugruppen 118
4.3. Automatisierungseinrichtungen 119
4.3.1. Einrichtungen der dezentralen Informationsverarbeitungsebene 119

4.3.1.1. Konstruktiver Aufbau der Basissteuereinheit 119
4.3.1.1.1. Schrank Basissteuereinheit 119
4.3.1.1.2. Gefäßanschlußebene 121
4.3.1.1.3. Bestückungsebene 122
4.3.1.2. Stromversorgung für die Basissteuereinheit 125
4.3.1.3. Systemüberwachung 128
4.3.1.4. Kabel und Leitungen für den Prozeßsignalanschluß 128
4.3.1.5. Aufbau der Prozeßsignalkreise 129
4.3.1.5.1. Analogeingabe 129
4.3.1.5.2. Analogausgabe 132
4.3.1.5.3. Digitaleingabe und-ausgabe 132
4.3.1.6. Hinweise zur Prozeßsignalkopplung 134
4.3.2. Einrichtungen der Prozeßleit- und Kommunikationsebene 135
4.3.2.1. Übersicht über Funktionseinheiten und Geräte 135
4.3.2.2. Datenbahnsteuerstation 138
4.3.2.3. Pultsteuerrechner 147
4.3.2.4. Bedientastatur 153
4.3.2.5. Alphanumerische Tastatur 156
4.3.2.6. Farbmonitor 157
4.3.2.7. Schwarzweißmonitor 160
4.3.2.8. Datenverarbeitungsperipheriegeräte 160
4.3.2.9. Gefäßtechnik 167
4.3.2.10. Arbeitsplatz- und Wartengestaltung 171
4.3.3. Einrichtungen der Betriebsleit- und Dispatcherebene 181
4.3.3.1. Wartenrechnerkoppeleinheit 181
4.3.3.2. Wartenrechner 182
4.3.3.3. Datenverarbeitungsperipherie 185
4.4. Prozeßkommunikation 187
4.4.1. Grundlagen 187
4.4.2. Übersichtsdarstellung 188
4.4.3. Gruppendarstellung 189
4.4.4. Einzeldarstellung 193
4.4.5. Trenddarstellung 193
4.4.6. Alarmdarstellung 193
4.4.7. Fließbilder 194
4.4.8. Prozeßkommunikation der autonomen Automatisierungseinrichtung 194
4.5. Softwareaufbau 196
4.5.1. Allgemeine Prinzipien der Softwareorganisation 196
4.5.1.1. Softwarestruktur 196
4.5.1.2. Speichermedium für die Einrichtungssoftware 196
4.5.1.3. Standardsoftware 197
4.5.1.4. Datenverteilung im System 198
4.5.1.5. Strukturierung der objektabhängigen Software 198

4.5.2. Software der Basissteuereinheit 198
4.5.2.1. Softwarestruktur 198
4.5.2.2. Steuerprogramm 201
4.5.2.3. Basismodule 204
4.5.2.4. Datenbereitstellung und -verteilung 208
4.5.2.5. Datenstrukturen 209
4.5.3. Pultsteuerrechner 211
4.5.3.1. Softwarestruktur 211
4.5.3.2. Steuerprogramm 212
4.5.3.3. Verarbeitungsprogramme 221
4.5.3.4. Datenstrukturen 224
4.5.4. Datenbahnsteuerstation 225
4.5.4.1. Steuerprogramm 225
4.5.4.2. Verarbeitungsprogramme 225
4.5.4.3. Datenstrukturen 229
4.5.5. Software der Reserve-Basissteuereinheit 229
4.5.5.1. Softwarestruktur 229
4.5.5.2. Steuerprogramm 231
4.5.5.3. Datenorganisation 232
4.5.6. Wartenrechnerkoppeleinheit 233
4.5.7. Wartenrechner 235
4.6. Systemkommunikation 236
4.6.1. Kommunikation mit der Automatisierungsanlage 236
4.6.2. Funktionseinheitenstatus und Inbetriebnahme 236
4.6.3. Konfigurierung von Anzeigefunktionen 237
4.6.4. Konfigurierung von Kommunikationsstellen 239
4.6.5. Systemkommunikation der autonomen Automatisierungseinrichtung 242
4.7. Verfügbarkeitserhöhende Maßnahmen 243
4.7.1. Zielstellung 243
4.7.2. Systemeigene Maßnahmen 251
4.7.2.1. Möglichkeiten der Hardware- und Softwareüberwachung 251
4.7.2.2. Eigendiagnose der Basissteuereinheit 252
4.7.2.3. Eigendiagnose des Pultsteuerrechners 254
4.7.2.4. Eigendiagnose der Datenbahnsteuerstation 255
4.7.3. Projektierbare Maßnahmen 255

5. Fertigung, Montage und Inbetriebnahme von dezentralen Automatisierungsanlagen 261
5.1. Hauptetappen der Vorbereitung und Produktion von Automatisierungsanlagen . . 261
5.2. Stationäre Fertigung 263
5.2.1. Übersicht 263
5.2.2. Technologischer Fertigungsablauf 265
5.2.3. Fertigungsorganisation 265
5.2.4. Gefäßfertigung 266

5.2.4.1. Vorfertigung mechanischer Einzelteile 266
5.2.4.2. Montage der Einrichtungen 267
5.3. Prüfung von Baugruppen, Gefäßen und Anlagen 269
5.3.1. Umfang der Prüf- und Inbetriebnahmearbeiten 269
5.3.2. Prüfkonzeption 269
5.3.3. Prüfablauf für Baugruppen der Zulieferindustrie 270
5.3.3.1. Grundsätze 270
5.3.3.2. Prüfablauf 271
5.3.4. Prüfung von Eigenfertigungs-Funktionsbaugruppen 273
5.3.5. Gefäßbezogene Prüfung 273
5.3.5.1. Grundsätze 273
5.3.5.2. Prüfablauf 275
5.3.6. Prüfung von Teilanlagen und Anlagen 277
5.3.6.1. Zielstellung 277
5.3.6.2. Systemtest Pultsteuerrechner, autonomer Betrieb 278
5.3.6.3. Systemtest Datenbahnsteuerstation, autonomer Betrieb 279
5.3.6.4. Firmwaretest und Test der Strukturierdaten je Teilanlage 279
5.3.6.5. Anlagentest 280
5.3.7. Prüfunterlagen 281
5.4. Montage von Automatisierungsanlagen 283
5.4.1. Hauptabschnitte der Anlagenmontage 287
5.4.1.1. Montagehauptleistungen 287
5.4.1.2. Montagehilfsleistungen 287
5.4.2. Arbeitsvorschriften 288
5.4.2.1. Objektunabhängige Arbeitsvorschriften 288
5.4.2.2. Objektabhängige Arbeitsvorschriften 290
5.5. Inbetriebnahme von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern 291
5.5.1. Grundsätze 291
5.5.2. Inbetriebnahmeablauf 292
5.6. Transport-, Umschlag- und Lagerprozeß 295

6. Instandhaltung, Kundendienst, Schulung 297
6.1. Instandhaltung 297
6.1.1. Ziele und Strategien der Instandhaltung 297
6.1.2. Instandhaltungsregime 300
6.1.3. Aufgaben zur Senkung des Instandhaltungsaufwands 302
6.2. Kundendienst 303
6.2.1. Aufgaben und Leistungen 303
6.2.2. Anwenderbereiche und organisatorische Grundsätze 304
6.3. Schulung 305
6.3.1. Aufgaben und Ziele 305
6.3.2. Formen der aufgaben- und objektbezogenen Weiterbildung 306
6.3.3. Herstellerbezogene Schulungsmaßnahmen 306

6.3.4. Anwenderbezogene Schulungsmaßnahmen 307
6.3.5. Organisatorische und technische Bedingungen 307

7. Anwendungsbeispiele für den Einsatz von dezentralen Automatisierungsanlagen in technologischen Prozessen 309
7.1. Applikationszielstellung 309
7.2. Einsatz von dezentralen Automatisierungsanlagen in der chemischen Industrie 309
7.2.1. Prozeßbeschreibung 310
7.2.2. Aufgaben und Struktur der Automatisierungsanlage 311
7.2.2.1. Funktionen der Automatisierungsanlage 311
7.2.2.2. Struktur der Automatisierungsanlage 311
7.2.3. Projektierungsablauf und Konfigurierung 315
7.2.3.1. Eingesetzte Gerätetechnik 316
7.2.3.2. Eingesetzte Programmtechnik 316
7.2.4. Ausgewählte Aufgabenstellungen und ihre Lösung 317
7.2.4.1. Automatisierung einer Rohöldestillationsanlage 317
7.2.4.2. Vakuumdestillationsanlage mit Mikrorechner 319
7.2.4.3. Mikrorechnerregelung in einer Teerraffinerie 319
7.3. Einsatz von Mikrorechnersystemen in der Kraftwerksautomatisierung 322
7.3.1. Automatisierungsaufgaben für Mikrorechner im Kraftwerk 324
7.3.2. Zusammenwirken der Mikrorechneranlage mit den anderen eingesetzten Gerätesystemen 324
7.3.3. Aufbau eines rechnergestützten Informationssystems 326
7.3.4. Ausgewählte Aufgabenstellungen im Kraftwerk und ihre mikrorechentechnische Lösung 328
7.3.4.1. Optimale Verbrennungsluftregelung 328
7.3.4.2. Mehrkanaltemperaturregelung 329
7.3.4.3. Autonome Automatisierungseinrichtung in Heizwerken 332
7.4. Realisierungsdurchlauf einer autonom arbeitenden Basisteuereinheit für die Metallurgie 334
7.4.1. Automatisierungsaufgabe der autonomen Automatisierungseinrichtung 336
7.4.2. Automatisierungskonzeption 336
7.4.3. Hardwareprojektierung 338
7.4.4. Softwareerarbeitung 344
7.4.5. Strukturierung 346
7.4.6. Realisierung der Anlage im Stahlwerk 348
7.4.7. Nutzeffekte 350

8. Verzeichnis gesetzlicher Grundlagen, Verordnungen und Standards 351

Literaturverzeichnis 364

Sachwörterverzeichnis 379

1. Einführung

Ende der 60er Jahre begann der industrielle Einsatz der Prozeßrechentechnik. Die angestrebten technischen und ökonomischen Fortschritte wurden in der Praxis jedoch nur langsam und schrittweise wirksam. Eine Ursache dafür war der fehlende Qualifikationsvorlauf der Nutzer. Dadurch konnten vom Anwender die Möglichkeiten der neuen Technik nicht sofort in breitem Umfang genutzt werden. Die Entwicklung der mikroelektronischen Automatisierungsanlagen erfolgt nicht wie die wesentlichen bisherigen Neuerungsprozesse in der Automatisierungstechnik ausgehend von Bedarfsforderungen der Betreiber, sondern wird durch die Leistungsfähigkeit der rasch sich entwickelnden Bauelementeindustrie bestimmt. Heute werden bereits eine Vielzahl Geräte und Einrichtungen angeboten, die eine stärkere Integration der Rechentechnik in die Prozeßautomatisierung und eine tiefgreifende Veränderung der Mensch-Anlage-Kommunikation erlauben. An die Stelle von Einzellösungen mit einem selbständigen Prozeßrechner treten zunehmend komplexe funktionell und räumlich dezentralisierte Automatisierungseinrichtungen mit stark erweiterten Funktions- und Anwendungsbereichen. Durch geeignete Strukturen, Netze und Komponenten von Hardware und Software, die auf Fehlertoleranz, Fehlerdiagnose und Instandhaltung ausgerichtet sind, können dezentrale Automatisierungsanlagen mit hoher Zuverlässigkeit und Sicherheit ausgestattet werden.

Eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung der durch die Mikroelektronik eröffneten Möglichkeiten in der Industrieautomation ist die Schaffung eines ausreichenden Qualifikationsvorlaufs beim Hersteller und Betreiber von Automatisierungsanlagen [1.1]. Ausgehend von den in der DDR vorliegenden Erfahrungen werden in den folgenden Abschnitten generelle Entwicklungstendenzen der Automatisierungsanlagentechnik aufgezeigt und am Beispiel des dezentralen Automatisierungsanlagensystems *audatec* für verfahrenstechnische Prozesse der chemischen Industrie Aufbau, Funktionsweise und Anwendung der Hard- und Software von Automatisierungsanlagen auf Mikrorechnerbasis dargestellt.

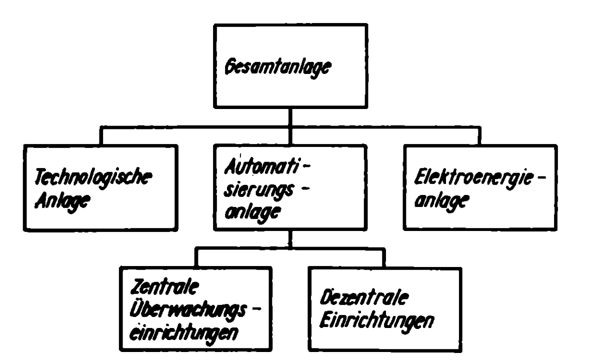


Bild 1.1. Stellung der Automatisierungsanlage in der Gesamtanlage

Die *Automatisierungsanlage* dient zur Einwirkung des Menschen auf die technologische Anlage (Automatisierungsobjekt), und dabei muß

die Mensch-Anlage-Kommunikation und
die automatische Steuerung des technologischen Prozesses

sichergestellt werden. Die Automatisierungsanlage ist nicht Selbstzweck, sondern stets nur als

Bestandteil der Gesamtanlage nutzbar (Bild 1.1). Dabei müssen die im Bild 1.2 dargestellten Grundfunktionen gewährleistet werden [1.2]:

Mensch-Anlage-Kommunikation durch

Informationseingabe vom Menschen an die Anlage und
Informationsausgabe von der Anlage an den Menschen

automatische Steuerung durch

Informationsgewinnung
Informationsverarbeitung
Informationsnutzung
Informationsübertragung.

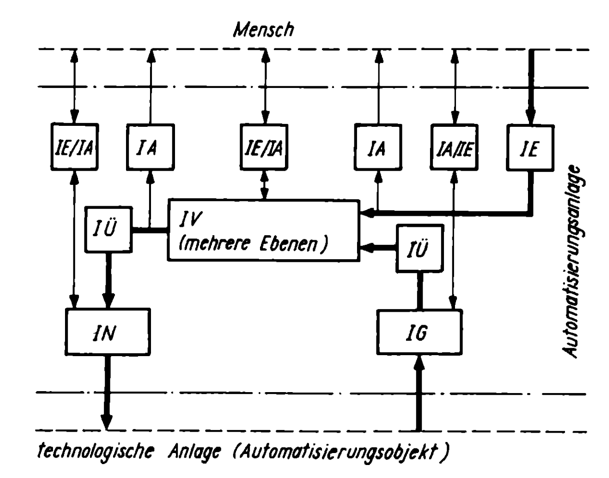


Bild 1.2. Grundfunktionen einer Automatisierungsanlage [1.2]

IE Informationseingabe
IA Informationsausgabe
IG Informationsgewinnung
IV Informationsverarbeitung
IÜ Informationsübertragung
IN Informationsnutzung

Die gegenwärtig in der Automatisierungstechnik sich vollziehenden Wandlungsprozesse beeinflussen die Informationsverarbeitung und die Mensch-Anlage-Kommunikation außerordentlich. Auf diesem Gebiet veraltet gegenwärtig das Wissen in kurzen Zeiträumen, und es entsteht ein starkes Qualifizierungsbedürfnis. Für die Anwendung der digitalen Automatisierungstechnik existiert eine nicht zu vernachlässigende Hemmschwelle dadurch, daß die Fachleute, die über umfangreiche Erfahrungen mit der Analogtechnik verfügen, ihr bisher erworbenes Wissen nur noch begrenzt verwerten können. Sie sehen sich zur Beherrschung der auf die Mikrorechnertechnik aufbauenden Automatisierungstechnik zwei grundsätzlichen Problemen gegenüber:

1. Die Mikrorechentechnik führt zu neuen Wirkprinzipien in der Automatisierungstechnik, deren theoretische und technische Grundlagen stark von den bisher angewendeten Verfahren und Technologien abweichen, z. B. serielle Informationsverarbeitung, -übertragung und -darstellung.
2. Die neuen Wirkprinzipien erfordern für ihre effektive Nutzung eine bedeutende Erweiterung des Aufgaben- und Anwendungsbereichs der Automatisierungstechnik, z. B. Einbeziehung von Aufgaben der Betriebsführung und Instandhaltung in die Prozeßautomatisierung und Berücksichtigung bisher nicht erfaßter Prozeßgrößen.

Bezüglich der Grundlagen der Automatisierungsgerätetechnik, der Mikrorechentechnik und der Automatisierungsanlagentechnik wird auf die entsprechende Fachliteratur [1.2 bis 1.35] verwiesen. Erste gegenwärtig erkennbare Auswirkungen auf die Informationsgewinnung werden in [1.36, 1.37] besprochen. Binärsteuerungen werden in den folgenden Abschnitten nur soweit behandelt, wie sie unmittelbar zur automatischen Steuerung von verfahrenstechnischen Prozessen in der chemischen Industrie benötigt werden. Eine ausführliche Betrachtung der Binärsteuerungen erfolgt in [1.38].

2. Gestaltung von Automatisierungsanlagen

2.1. Ziele der Anlagengestaltung

Die Ziele der Anlagengestaltung leiten sich aus den gesellschaftlichen Erfordernissen ab (Bild 2.1). Den Zusammenhang zwischen Anlagengestaltung, Aufwand und Gebrauchswert zeigt Bild 2.2. Die Gestaltung von Automatisierungsanlagen hat zwei *Ziele:*

- rationelle Errichtung neuer Automatisierungsanlagen
- Optimierung vorhandener und neu zu errichtender Automatisierungsanlagen.

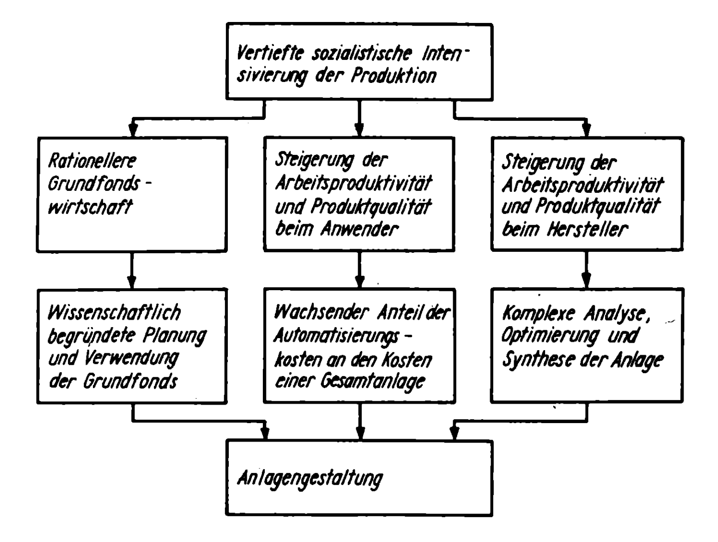


Bild 2.1. Einfluß der gesellschaftlichen Erfordernisse auf die Anlagengestaltung

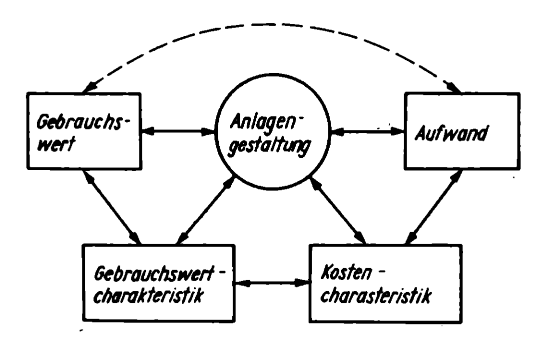


Bild 2.2. Zusammenhang zwischen Anlagengestaltung, Aufwand und Gebrauchswert

Wesentliche *Zielkriterien* sind

Wirtschaftlichkeit der Produktion
Produktqualität
Material- und Energieökonomie
Umweltschutz und Anlagensicherheit
Anlagenflexibilität
Reduzierung des Bedien- und Instandhaltungsaufwands.

Unter den Bedingungen der Einführung mikroelektronischer Automatisierungsanlagen sind diese Ziele dadurch charakterisiert, daß damit nicht nur ein qualitativ und quantitativ enormer Aufschwung bewältigt werden muß. Gleichzeitig muß auch ein Übergang erfolgen von einer technisch relativ ausgereiften Technik (Analogtechnik) auf eine Technik mit höchster Neuerungsrate (Mikrorechnertechnik, Optoelektronik). Das bedeutet:

- Die Generationsdauer der Automatisierungsgeräte und -anlagen und ihrer Herstellungstechnologien verkürzt sich erheblich.
- Vergleichsweise höhere Forschungs-, Entwicklungs-, Produktions- und Applikationskosten für Hardware und Software müssen in entsprechend kürzeren Zeiträumen erwirtschaftet werden.
- Dieses Erwirtschaften wird zusätzlich durch die Tendenz zur Verringerung der Seriengrößen erschwert.
- Der Zeitfaktor gewinnt parallel zur verkürzten Generationsdauer immer mehr an Bedeutung für die effektive Nutzung der vorhandenen wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und der erworbenen Erfahrungen und Kenntnisse.
- Die Vorbereitungs- und Organisationstechniken für die Produktion müssen dem Niveau der Neuerungsprozesse angepaßt werden, insbesondere müssen sie sensibler und flexibler gestaltet werden.
- Die Anlagengestaltung muß die obengenannten Entwicklungsmerkmale in ihren Zielstellungen berücksichtigen, da nur durch eine entsprechende langfristig orientierte Erzeugnissystemgestaltung den Markterfordernissen entsprochen werden kann.

Darüber hinaus können die Ziele der Anlagengestaltung beträchtlich beeinflußt werden durch die vom Auftraggeber im Anlagenbau geforderten Liefer- und Leistungstermine. Infolge der ständig wachsenden Effektivitätsansprüche führt ein immer geringerer Prozentsatz von den abgegebenen Angeboten eines Herstellers an verschiedene Interessenten im Bereich des Anlagenbaus zu einem konkreten Auftrag. Die Erteilung eines Auftrages setzt das Erreichen des technischen Höchststandes und die Einhaltung der geforderten Liefer- und Leistungstermine voraus. Das sehr ungünstige Verhältnis von Angebotserarbeitung zur Auftragserteilung führt zu einem sehr starken Rationalisierungsdruck bei der technischen Vorbereitung des Automatisierungsanlagenbaus. Dieser Rationalisierungsdruck wird noch verstärkt, indem die Auftraggeber ihre Anforderungen an die Angebotserarbeitung hinsichtlich der Bekanntgabe detaillierter Ausführungskriterien immer höher ansetzen und frühzeitig in die Vorbereitungsphase des Herstellers eingreifen. Bereits während der Angebotserarbeitung sind Änderungsforderungen des Auftraggebers zu berücksichtigen. So können z. B. Änderungen in den Stoff- und Energiebilanzen erhebliche Korrekturen in der Auslegung der Meß- und Stelltechnik nach sich ziehen. Diese Bedingungen erfordern eine entsprechend ausgerichtete Anlagengestaltung und eine rechnergestützte Produktionsvorbereitung und -durchführung (CAD computer aided design, CAM computer aided manufacturing).

In den folgenden Abschnitten werden die systemtechnischen Grundlagen und Prinzipien der Gestaltung von Automatisierungsanlagen behandelt. Dabei soll eine problemorientierte systemtechnische Denkweise vermittelt werden, die notwendig ist, um die Wechselwirkung zwischen Anlagengestaltung und beeinflussenden Haupt- und Nebenbedingungen der Umwelt zu berücksichtigen.

Die für die Anlagengestaltung wichtigen gesetzlichen Grundlagen, Verordnungen und Standards sind im Abschn. 8. zusammengefaßt.

2.2. Systemtechnische Grundlagen

Der Grad der Kompliziertheit und Komplexität moderner Automatisierungsanlagen hat eine Größenordnung erreicht, die eine systematische Zielfindung für die optimale Automatisierungslösung unbedingt erfordert. Die systemtechnische Arbeitsweise bietet zur Beantwortung der Frage, was, wie, wann und womit erreicht werden soll, eine Vielfalt von Auswahlmöglichkeiten an. Unter *Systemtechnik* soll im folgenden in Anlehnung an [2.1] die wissenschaftliche Planung, Projektierung, Bewertung und Konstruktion von Mensch-Maschine-Systemen verstanden werden. Unbedingt beachtet werden muß bei der Anwendung der systemtechnischen Betrachtungsweise, daß die Automatisierungsanlage nur das Bindeglied zwischen technologischer Anlage und Mensch ist. Sie dient dem Menschen zur Beeinflussung der technologischen Anlage gemäß seinen Entscheidungen [2.2, 2.3]. Im Bild 2.3 ist das Prinzip der systemtechnischen Betrachtungsweise dargestellt [2.4]. Das System weist unter bestimmten äußeren Einflüssen (Eingangsgrößen, Umweltbedingungen) ein typisches zeitabhängiges Verhalten auf, das von der Funktion des Systems bestimmt wird. Unter Funktion ist hierbei die Kopplung der Eingangsgrößen mit den Ausgangsgrößen zu verstehen. Dabei treten Nebenwirkungen auf. Die Funktion wiederum ist abhängig von der Struktur des Systems [2.5]. Diese Betrachtungsweise kann auf jede Art von System angewendet werden, z. B. können einzelne

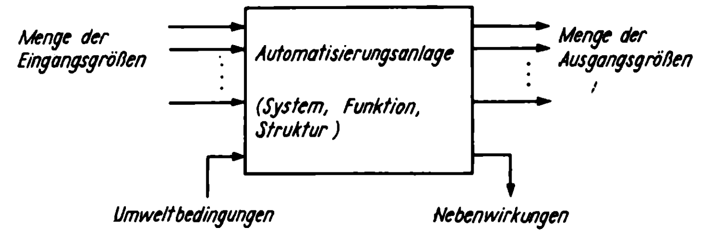


Bild 2.3. Systemtechnische Betrachtungsweise

Tafel 2.1. Systemtechnische Methoden (Auswahl)

Problemanalysemethoden	*Prognosemethoden*	*Bewertungsmethoden*
Problemerkennung und -aufbereitung	Trendanalyse	Gebrauchswert-Kosten-Analyse
Zustandsanalyse	Extrapolation	Simplexmethode
Konzeptanalyse	Modellierung	Bewertungsmatrix
Funktionsanalyse	Simulation	Punktbewertung
Wirksamkeitsanalyse	Expertenbefragung	Lagrangesche Multiplikation
Sensitivitätsanalyse	Ideenkonferenzen	dynamische Programmierung
Bedarfsanalyse	Heuristik	Kompatibilitätsanalyse
Statistik	Wahrscheinlichkeitsrechnung	Projektwertmethode
		Polyoptimierung

Organisationsmethoden	*Zuverlässigkeitsmethoden*
Netzplanmethoden	Zuverlässigkeitsberechnung
Methoden der Informatik	Zuverlässigkeitsmodelle
Ablaufplanung	Zuverlässigkeitsanalyse
Zielplanung	Störfallablaufanalyse
	Fehlerart- und Fehlereffektanalyse
	Risikoanalyse

Geräte, Einrichtungen oder Teilanlagen ebenso betrachtet werden wie die Bestandteile oder die Gesamtheit ökonomischer und organisatorischer Systeme der Produktionsvorbereitung und -durchführung. Wichtig ist, daß jedes System als einheitliches Ganzes aufgefaßt werden muß, obwohl es aus mehreren, für verschiedene Zwecke spezialisierten Elementen besteht. Jedes System hat mehrere Zielstellungen und soll hinsichtlich einer definierten Menge gewichteter Ziele optimiert werden. Als Randbedingung muß die Paßfähigkeit zwischen den einzelnen Teilen erhalten bleiben. Ausführliche Darstellungen systemtechnischer Arbeitsweise und Anwendungsbeispiele sind in [2.4 bis 2.8] enthalten. Aufgrund ihrer Vielfalt und ihres Umfangs soll hier nur eine Übersicht über einige der gebräuchlichsten systemtechnischen Methoden gegeben werden (Tafel 2.1) und auf ausgewählte, für die praktische Anwendung wichtige Gesichtspunkte eingegangen werden.
Die Lösung der systemtechnischen Aufgabe gliedert sich nach [2.3] in

Systemanalyse
Systemoptimierung
Systemsynthese.

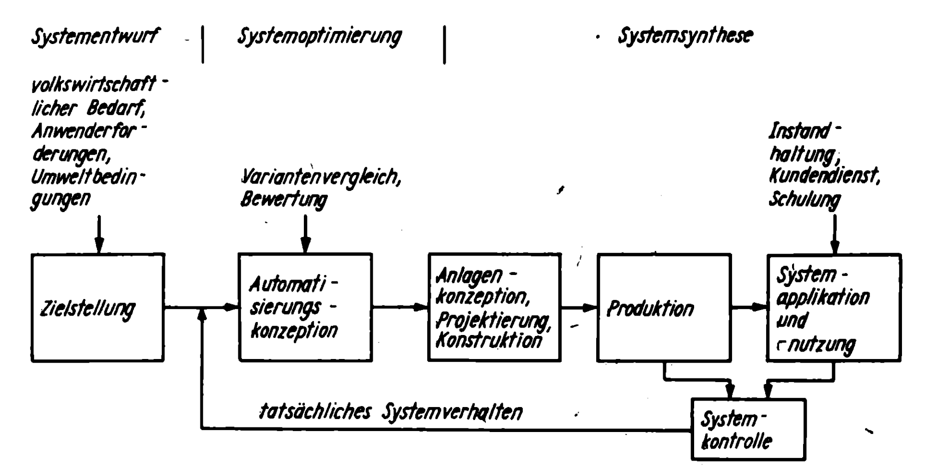


Bild 2.4. Systemtechnischer Lösungsweg

Bild 2.4 zeigt den systemtechnischen Lösungsweg für die Gestaltung einer Automatisierungsanlage. Erkennbar ist die Wechselwirkung zwischen den beiden Hauptabschnitten des systemtechnischen Lösungswegs: dem Systementwurf und der Systemrealisierung.
Wesentliche *Schritte der systemtechnischen Arbeitsweise* sind

Nachweis des Bedarfs
Ermittlung der Anwenderforderungen, Umweltbedingungen und verfügbaren Ressourcen (Systemanalyse)
Entwurf der Automatisierungskonzeption
Variantenvergleich und Bewertung (Systemoptimierung)
Aufstellen des Zeitplans
Erarbeitung des Anlagenkonzepts (Systemsynthese)
Anlagenprojektierung und -konstruktion
Festlegung von Maßnahmen zur Sicherung des Betriebs der Anlage (Instandhaltung, Kundendienst, Schulung).

Besondere Bedeutung haben der Nachweis des Bedarfs und die Ermittlung der Anwenderforderungen, Umweltbedingungen und verfügbaren Ressourcen, da unscharf definierte Aufga-

benstellungen charakteristisch für den Anlagenbau sind. Es muß daher angestrebt werden, möglichst frühzeitig eindeutige Zielvorgaben für die systembestimmenden Parameter zu erhalten. Die *Zielvorgaben* sollten mindestens Gütekriterien zu den folgenden Punkten enthalten [2.9]:

funktionelle Leistungsparameter
Kosten- und Zeitgrenzen
physikalische, technische, organisatorische und zeitliche Umweltbedingungen
Zuverlässigkeitsforderungen
Instandhaltungsbedingungen.

Entscheidend ist, daß die Gütekriterien eine Aussage zur zulässigen *Toleranz* bzw. zur *Empfindlichkeit* gegenüber Abweichungen vom Sollwert haben. Diese Aussage gewinnt in letzter Zeit an Bedeutung, da sie außerordentlich weitreichende Schlußfolgerungen für die Gestaltung der Automatisierungsanlage ermöglicht [2.10]:

systemtechnisch begründete Wahl der Automatisierungsziele
Festlegung der notwendigen Parameter- und Modellgenauigkeit
Durchführung von Modulvereinfachungen, insbesondere bei Echtzeitproblemen erforderlich
optimale Auslegung und Vermeidung von Überdimensionierungen
Erhöhung der Robustheit des Systems gegenüber Änderungen der Parameter und Umweltbedingungen.

Die Anwendung der systemtechnischen Betrachtungsweise ist auch Grundlage der in den folgenden Abschnitten behandelten Prinzipien der Gestaltung und Bewertung von Automatisierungsanlagen.

2.3. Prinzipien der Anlagengestaltung

Die Gestaltung von Automatisierungsanlagen ist in ihrer Zielstellung anwender- und herstellerorientiert. Neben den Gebrauchswertforderungen des Betreibers muß auch das Interesse des Herstellers an einer effektiveren Produktion seinen Niederschlag in der Anlagengestaltung finden. Unter dieser Zielstellung haben sich eine Reihe von allgemeingültigen Prinzipien herausgebildet.

Prinzip der Einheit von technischen, ökonomischen und ergonomischen Forderungen [2.11 bis 2.13]. Zur Erfüllung dieser Forderungen sind die Wechselbeziehungen zwischen technischen, ökonomischen und ergonomischen Aufgabenstellungen und Lösungen bei der Bearbeitung von Mensch-Anlage-Systemen zu berücksichtigen. Zum Beispiel kann die Auswahl eines Systems für die Mensch-Anlage-Kommunikation nur in Abhängigkeit von der komplexen Bewertung aller drei Anforderungskategorien getroffen werden. Dabei kann es zutreffen, daß die komfortable technische Lösung mit einem Bildschirmgerät zugunsten einer ökonomisch und ergonomisch günstigeren Leitgerätevariante zurückgestellt werden muß.

Prinzip der durchgängigen Anwendung der systemtechnischen Betrachtungsweise [2.0, 2.14]. Die Automatisierungsanlagengestaltung ist eingebunden in die automatisierungsgerechte Gestaltung der Gesamtanlage. Die systemtechnischen Betrachtungen sollten dementsprechend beginnend beim Anlagenentwurf und endend bei der Sicherung des Betriebs der Anlage beim Anwender die Gesamtanlage und die zugehörige Software (und, soweit möglich, auch die Prozeßgestaltung) einschließen.

Prinzip der ständigen Weiterentwicklung des Erzeugnissystems Automatisierungsanlage [2.11, 2.15]. Das Erzeugnissystem (Automatisierungsgeräte und -einrichtungen einschließlich zugehöriger Systemunterlagen und Arbeitsmittel) muß ständig dem wachsenden technisch-ökonomischem Niveau angepaßt werden, damit keine Stagnation in der Anlagengestaltung auftritt und ein Zurückbleiben gegenüber den Anwenderforderungen verhindert wird. Zum

Beispiel sind die Forderungen nach erhöhter Wirtschaftlichkeit und verbessertem Umweltschutz nicht allein durch Veränderungen der Anlagengestaltung bei unveränderter gerätetechnischer Grundlage erreichbar.

Prinzip der relativen Stabilität der Erzeugnissystemgeneration [2.15, 2.16]. Ein Generationswechsel mit grundsätzlichen Veränderungen des Erzeugnissystems ist nur in relativ großen Zeitabständen sinnvoll, da der für den Anlagenbau und -betreiber typische hohe Umstellungsaufwand lediglich durch einen entsprechend großen Zuwachs an technisch-ökonomischem Niveau gerechtfertigt werden kann.

Prinzip der proportionalen Entwicklung der Anlagenkomponenten [2.6, 2.17 bis 2.19]. Für die Erzielung eines Zuwachses an wissenschaftlich-technischem Niveau können vorhandene technische Mittel, vorhandene Kenntnisse und Erfahrungen sowie der im Verhältnis dazu relativ geringe Zuwachs an neuen technischen Mitteln, Kenntnissen und Erfahrungen genutzt werden. Deshalb ist anzustreben, daß vorrangig die Bestandteile der Automatisierungsanlage weiterentwickelt werden, die kurzfristig in großer Breite Nutzen erzielen, z. B. Geräte und Einrichtungen der Informationsverarbeitung und der Informationsein- und -ausgabe. Zur Erzielung des Systemnutzens durch umfassende Anwendung der Mikro- und Optoelektronik in neuen Anlagenstrukturen ist längerfristig die proportionale Entwicklung der Informationsgewinnung und -nutzung erforderlich.

Prinzip der optimalen Folge der Systemrealisierung [2.6, 2.20]. Die organisatorischen Mittel sind für die Erhöhung des technisch-ökonomischen Niveaus der Anlagengestaltung gezielt anzuwenden. Bild 2.5 zeigt als ein Beispiel, daß Veränderungen des technischen Projekts mit fortschreitendem Bearbeitungsstand immer weniger möglich werden. Der Aufwand für Änderungen steigt gegen Ende der Bearbeitung erheblich an. Dementsprechend ist die Anlagengestaltung so vorzunehmen, daß z. B. die von Projektänderungen wenig abhängigen Informationsverarbeitungseinrichtungen vor den prozeßspezifischen Meß- und Stelleinrichtungen gefertigt und montiert werden können.

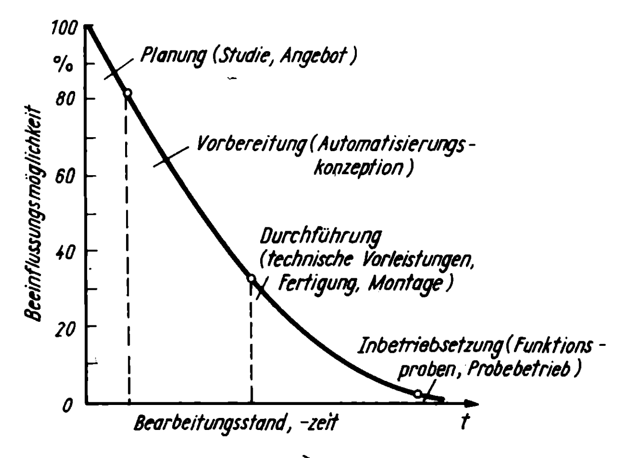


Bild 2.5. Beeinflussungsmöglichkeiten der Effektivität von Investitionen in Abhängigkeit vom Bearbeitungsstand des technischen Projekts

Prinzip der Schaffung einer einheitlichen Informationsbasis [2.21, 2.22]. Zur Nutzung in allen Abschnitten der Produktionsvorbereitung und -durchführung sind einheitliche Informationsspeicher (Kataloge, Datenbanken) von Vorteil. Sie bilden eine Voraussetzung für die rechnergestützte Produktionsvorbereitung und -durchführung (CAD/CAM) und sind ein Hilfsmittel zur Sicherung des Erfahrungsrückflusses vom Anwender zum Hersteller.

Prinzip der Typisierung von Automatisierungslösungen [2.18, 2.23 bis 2.25]. Die Typisierung von Automatisierungslösungen ist auf der Ebene der Automatisierungsanlage nur in Ausnahmefällen möglich, z. B. bei der Aggregatautomatisierung von Erdgas- oder Erdölförderstationen mit hohem Wiederholgrad.

In der Regel wird sich jedoch die Typisierung auf die Ebene der Funktionseinheiten und die Softwaremodule bestimmter Hersteller beschränken.

Prinzip der Äquivalenz der Automatisierungsanlage und der technologischen Anlage [2.26, 2.27]. Die Automatisierungslösungen müssen den Niveaustufungen der technisch-ökonomischen Kenngrößen der technologischen Anlage entsprechen. Anpaßbarkeit und Erweiterbarkeit der Bestandteile der Gesamtanlage müssen aufeinander abgestimmt sein, damit keine nichtnutzbaren Systemreserven entstehen. Es ist sinnvoll, äquivalente Niveaustufungen bereits bei der Festlegung der Automatisierungsziele, der Auswahl der einzusetzenden Gerätesysteme und der zugehörigen Software vorzusehen. Die niveaugestufte Anlagengestaltung erlaubt eine effektive Erfüllung von Aufgaben der Klein-, Mittel- und Großautomatisierung. Als Beispiele seien hier genannt Mehrkanalmikrorechnerregler für die Aggregatautomatisierung und dezentrale Automatisierungssysteme auf Mikrorechnerbasis für die komplexe Prozeßautomatisierung chemischer Großanlagen.

Prinzip der Vereinheitlichung der Schnittstellen [2.28, 2.29]. Hier sind nicht allein die Schnittstellen zwischen den Funktionseinheiten und Baugruppen der Automatisierungsanlage unter der Zielstellung der Koppelungsfähigkeit und Austauschbarkeit zu berücksichtigen. Ebenso sind die Schnittstellen mit der technologischen Anlage und bei der Informationseingabe und -ausgabe an den Menschen zu betrachten. Sie beeinflussen stark die Anlagengestaltung und die Leistungsfähigkeit einer Automatisierungsanlage.

Prinzip der konstruktiven Vereinheitlichung der Bauteile [2.6, 2.11]. Unter Anwendung der bewährten Grundsätze des Austauschbaus ermöglicht die konstruktive Vereinheitlichung verbesserte Fertigungs- und Instandhaltungsbedingungen.

Prinzip der einheitlichen Bauelementebasis [2.11, 2.30]. Mit der Nutzung moderner Halbleitertechnologie gewinnt die Wahl der Bauelementebasis sehr an Gewicht. Neben ihrem direkten Einfluß auf den Entwurf und die Fertigung von Automatisierungsgeräten und -einrichtungen bestimmt sie entscheidend die Effektivität der Software. Die Einheitlichkeit der Bauelementebasis wirkt sich aus auf den Grad der Übertragbarkeit der Software auf andere Systeme, auf ihre Wiederverwendbarkeit und auf die Nutzung von Softwareentwicklungshilfen. Die in

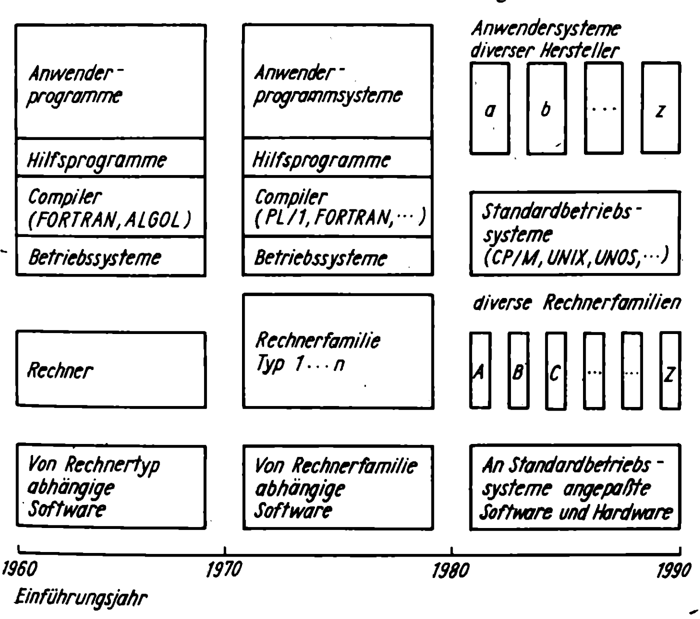


Bild 2.6. Entwicklung der Softwaretechnologie

der Softwaretechnologie angestrebten Standardbetriebssysteme sollen eine einheitliche Grundlage schaffen für den Bauelementehersteller und den Softwareentwickler zur Übertragung erprobter Software auf verschiedene Mikrorechnersysteme (Bild 2.6). Unabhängig davon, ob diese Zielstellung sich durchsetzen kann, ist es erforderlich, im Rahmen der Gestaltung von Automatisierungsanlagen eine abgestimmte Entwicklung von Hard-, Soft- und Firmware zu verfolgen.

2.4. Bewertung von Automatisierungsanlagen

Ein weitverbreiteter Irrtum ist es, anzunehmen, daß für den Erfolg einer Automatisierung allein eine technisch elegante Konzeption entscheidend sei. Die Möglichkeit, daß Entwurf oder Herstellung einer bestimmten Automatisierungsanlage zur Lösung vorhandener, technisch interessanter Probleme führen könnte, begründet keinesfalls den zu treibenden Aufwand. Vielmehr muß nachgewiesen werden, daß ein tatsächlicher Bedarf für diese Automatisierungsanlage vorhanden ist. Es muß ein *Markterfordernis* bestehen. „Wenn die Technik von der Wissenschaft größtenteils abhängig ist, so noch weit mehr diese vom Stand und den Bedürfnissen der Technik. Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis, so hilft das der Wissenschaft mehr voran als zehn Universitäten" [2.31]. Aus dieser Feststellung wird ersichtlich, daß die Bewertung eines technischen Produkts unmittelbar abhängig von den der Technik durch die Gesellschaft vorgegebenen Zielsetzungen und der damit verbundenen Wichtung ist. Eine Übersicht über Bewertungsmethoden und Probleme ihrer Anwendung ist in [2.32] enthalten. Bewertungsverfahren und Kennwerte sind in TGL 29432 festgelegt.

Die Verfahren und Methoden zur Bewertung von Automatisierungsanlagen haben in der Regel das Ziel, die Entscheidungsfindung bei der Investitionsvorbereitung und den vorgesehenen Investitionskostenanteil der Automatisierungsanlage zu begründen. Deshalb kommen vorrangig ökonomische Zielkriterien zur Anwendung. Wegen der Nichtverfügbarkeit oder Nichtvergleichbarkeit der übrigen Kenngrößen (z. B. Umweltschutz, Arbeits- und Lebensbedingungen, Anlagensicherheit) wird unter der Voraussetzung der Funktionserfüllung der

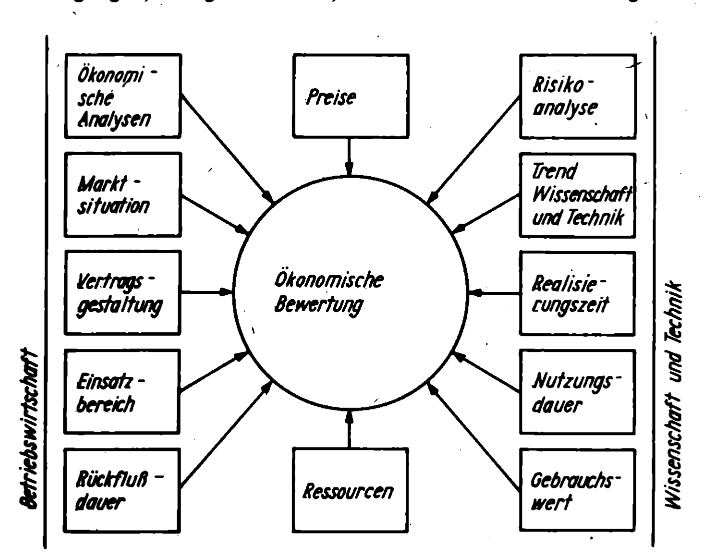


Bild 2.7. Einflußfaktoren auf die ökonomische Bewertung von Automatisierungsanlagen

Automatisierungsanlage das komplexe Bewertungsproblem praktisch auf eine ökonomische Bewertung reduziert (Bild 2.7).

Kriterium der Bewertung ist dann die über einen bestimmten Zeitraum summierte Differenz zwischen Nutzen und Aufwand als Gradmesser für die Erfüllung der zwei *Hauptaufgaben der Automatisierung:*

1. Automatisierung des technologischen Prozesses mit dem Ziel der Erlössteigerung durch optimierte Prozeßgestaltung und -führung
2. Entlastung des Menschen von schwerer und Routinetätigkeit mit dem Ziel der Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen und der Einsparung von Arbeitskräften und -plätzen.

Allgemeine Grundsätze, Methoden und Beispiele der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Automatisierungsanlagen sind in [2.33] angegeben.

Im folgenden soll auf einige Probleme der Ermittlung des Nutzens und des Aufwands von Automatisierungsanlagen hingewiesen werden. Die Berücksichtigung der wesentlichen Nutzenskomponenten ist häufig nicht gewährleistet. Obwohl in jüngster Zeit die Zahl der analytischen Untersuchungen zur Ermittlung des Nutzens und insbesondere des ökonomischen Nutzens der Automatisierung stark angewachsen ist, können verwertbare quantifizierte Aussagen meist nur für ausgewählte Nutzenanteile vorgelegt werden. Das führt in der Praxis oft zur Nichtbeachtung zwar wesentlicher, aber schwer oder gar nicht quantitativ erfaßbarer Nutzenanteile, z. B. Verminderung der Luftverschmutzung und der Lärmbelästigung oder Nutzen aus der Herabsetzung des Risikos. Deshalb sollten im Rahmen einer *Gesamtbewertung* folgende Nutzenskomponenten entsprechend ihrer aus den Anwenderforderungen abgeleiteten Wichtung berücksichtigt werden. [2.34]:

Anwendernutzen beim Betreiber
- Erlöserhöhung
- Arbeitszeit- und Arbeitsplatzeinsparung
- Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen

Einführung neuer Technologien
- Umweltschutz
- Auswirkungen auf die Infrastruktur des Territoriums
- Export- und Importbedingungen

Herstellungseffekte
- Qualitätsverbesserung
- Materialeinsparung.

Gleiches gilt auch für die Aufwandskomponenten:

Investitionskosten
Export- und Importbedingungen
Zeiten für Planung, Projektierung, Lieferung, Übergabe
laufende Kosten beim Betreiber
- Bedienungsaufwand
- Energiekosten
- Instandhaltungsaufwand

Die *Vergleichbarkeit* der quantifizierten Erzeugnisparameter kann nicht in jedem Fall vorausgesetzt werden, auch wenn sie durch ökonomische Kategorien, wie Preis, Kosten u. ä., dargestellt werden können. Die bei praktischen Rechnungen angenommene Vergleichbarkeit wird häufig damit begründet, daß allen Gebrauchswerten ein abstrakter gesellschaftlicher Nutzen „innerlich" eigen ist. Diese Annahme ist unter sozialistischen Produktionsverhältnissen keine Bewertungsgrundlage [2.32].

Ein weiteres Problem ist die kritische Einschätzung der bei der ökonomischen Bewertung zugrunde gelegten *Ausgangsdaten* hinsichtlich ihrer Qualität, Umfang und Zeitabhängigkeit. Der Entwicklungsstand ist gegenwärtig gekennzeichnet durch eine gezielte Datensammlung und -berechnung mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung.

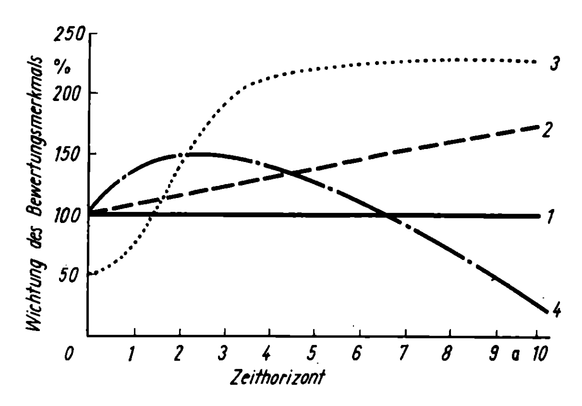


Bild 2.8. Beispiele für die Zeitabhängigkeit der Wichtung von Bewertungsmerkmalen

1 **Typ 1 Funktionserfüllung, Schutzgüte, Störsicherheit, Platzbedarf u. a.**
2 **Typ 2 Wartungsaufwand, Energiekosten, Umweltbelastung, Flexibilität u. a.**
3 **Typ 3 Arbeitskräftebedarf, Bedienkomfort u. a.**
4 **Typ 4 Beschaffungskosten, Preis, Lager- und Transportfähigkeit der Bauteile u. a.**

Entscheidend für die Brauchbarkeit der für die Bewertung verwendeten Ausgangsdaten ist das Berücksichtigen ihrer *Zeitabhängigkeit.* Es ist für die Bewertung einer Automatisierungsanlage von erheblicher Bedeutung, wann ein Aufwand getätigt oder ein Nutzeffekt erzielt wird. Ein gleich großer Effekt ist als positives Ergebnis selbstverständlich um so günstiger, je früher er auftritt, da die erwirtschafteten Mittel sofort wieder nutzbringend eingesetzt werden können. Analog gilt für den Aufwand, daß insbesondere kritische Probleme, z. B. Sonderbauteile und spezielle Gewerke, oft stark zeitabhängig sind. Im Bild 2.8 sind typische Entwicklungskurven verschiedener Bewertungsmerkmale dargestellt. Es ist erkennbar, daß die Werte eines bestimmten Jahres jeweils andere Varianten als günstigste ausweisen.

3. Anlagentechnik

3.1. Entwicklungstendenzen

3.1.1. Einfluß digitaler Automatisierungsmittel

3.1.1.1. Auswirkungen der Mikroelektronik

In jüngster Zeit ist das Gebiet der Elektronik in immer rascherer Entwicklung begriffen. Es entstanden komplexe Schaltkreise mit zunehmender Anzahl von Funktionselementen und immer geringeren Abmessungen. Die Entwicklung führte über folgende Etappen (Bild 3.1):

- niedrigintegrierte Schaltkreise (SSI small scale integration)
- mittelintegrierte Schaltkreise (MSI medium scale integration)
- hochintegrierte Schaltkreise (LSI large scale integration)
- sehr hochintegrierte Schaltkreise (VLSI very large scale integration).

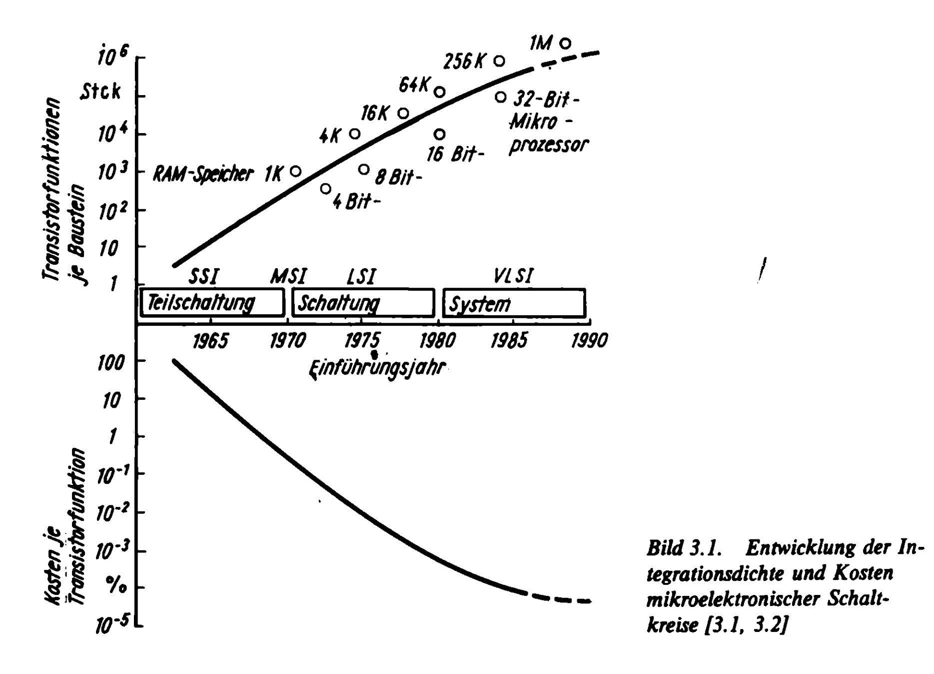


Bild 3.1. Entwicklung der Integrationsdichte und Kosten mikroelektronischer Schaltkreise [3.1, 3.2]

Gegenwärtig gehören Schaltkreise mit Packungsdichten von einigen zehntausend Funktionselementen auf einem Halbleiterchip von 25 mm² Fläche zum Standardangebot der Bauelementehersteller, und Integrationsdichten bis zu einer Million Funktionselementen auf einem Chip liegen im Bereich der technologischen Möglichkeiten [3.1]. Die aus dieser Situation entstehenden wesentlichen technischen und ökonomischen Auswirkungen sind [3.3, 3.4]

bei der Herstellung von Bauelementen
Materialeinsparung
Qualitätsverbesserung
Arbeitsaufwandreduzierung
Energieeinsparung
stark veränderte Fertigungstechnologien
enorme Kostendegression

bei der Herstellung von Automatisierungsgeräten
Erweiterung des Funktionsumfangs der Geräte
Qualitätsverbesserung
Aufwandsreduzierung für Material, Energie und Arbeitszeit
veränderte Fertigungstechnologien

bei der Herstellung von Automatisierungsanlagen
verbesserte Lösung der Automatisierungsaufgaben
Einführung rechnergestützter Projektierungs- und Fertigungstechnologien
verstärkte Nutzung theoretischer Entwurfsverfahren
Materialeinsparung

bei der Anwendung von Automatisierungsanlagen
größere Leistungsfähigkeit und einfachere Anpaßbarkeit der Automatisierungsanlage an veränderte Betriebsbedingungen
stark veränderte Mensch-Anlage-Kommunikation
Verringerung des Raumbedarfs
verbesserte Diagnose- und Servicemethoden
erhöhte Zuverlässigkeit
Erweiterung der Instandhaltungstechnologien einschließlich Softwarepflege.

Die Mikroelektronik hat ferner bedeutsame Auswirkungen auf die sinnvolle Aufgabenabgrenzung zwischen den Herstellern der Bauelemente, Geräte und Anlagen, da sich zunehmend die historisch bedingten starren Herstellungsgrenzen zwischen elektronischem Bauelement, Baustein, Baugruppe, Baueinheit und Gerätesystem verwischen und eine immer engere Zusammenarbeit der beteiligten Partner zur erfolgreichen Lösung der Automatisierungsaufgabe erforderlich ist.

Der Einsatz der Mikroelektronik in der Automatisierungstechnik steht erst am Anfang der Entwicklung [3.5 bis 3.8]. Mit der Verfügbarkeit sehr billiger mikroelektronischer Schaltkreise wird eine schnell zunehmende Digitalisierung der Automatisierungstechnik möglich. Die Prozeßrechentechnik hat sich dabei in den letzten Jahren als ein Wachstumsfaktor ersten Ranges erwiesen, der die Entwicklung der Automatisierungstechnik nachhaltig beeinflußt hat, und, wie entsprechende Prognosen voraussagen, wird sich in Zukunft dieser Einfluß noch verstärken [3.9, 3.10]. Neben den universell einsetzbaren Mikroprozessor- und Mikrorechnerschaltkreisen gelangen auch auf bestimmte Anwendungsfälle zugeschnittene Einzweckschaltkreise (z. B. Signalprozessoren, Kommunikationsprozessoren) und kundenspezifisch angepaßte Schaltkreise (gate arrays) in schnell wachsender Anzahl zum Einsatz. Unabhängig von der Funktion der einzelnen Bauelemente ist die Erfüllung folgender Forderungen für die Anwendung in der Automatisierungstechnik ausschlaggebend:

Verringerung des Leistungsbedarfs. Bei sinkenden Schaltkreispreisen spielt der Leistungsbedarf eine immer größere Rolle, da der relative Kostenanteil für Stromversorgung und Lüftung immer größer wird.

Erweiterter Temperaturbereich. Allgemein wird ein Temperaturbereich von −40 bis +70 °C vorausgesetzt. Extreme Einsatzbedingungen der technologischen Anlage erfordern jedoch immer häufiger auch die Verfügbarkeit von Schaltkreisen für den Bereich von −55 bis +125 °C.

Weitere Erhöhung der Zuverlässigkeit. Die prinzipiell hohe Zuverlässigkeit mikroelektronischer Bauelemente muß durch Verbesserung der Fertigungstechnologie verstärkt für den Anwender nutzbar werden.

Elektromagnetische Verträglichkeit. Der Einsatz in Industrieanlagen erfordert eine weitere Verringerung der Störempfindlichkeit.
In den folgenden Abschnitten wird am Beispiel einiger für die Gestaltung von Automatisierungsanlagen bedeutenden Entwicklungstendenzen der Automatisierungsgerätetechnik gezeigt, wie sich der Einfluß digitaler Automatisierungsmittel, beginnend bei den Informationsverarbeitungseinrichtungen, auf fast alle Komponenten einer Automatisierungsanlage ausweitet und damit zu grundsätzlichen Wandlungen in der Automatisierungstechnik führt [3.11 bis 3.27].

3.1.1.2. Automatisierungsgeräte und -einrichtungen

Informationsverarbeitung. Der Einfluß der Verwendung digitaler integrierter Schaltkreise in Geräten der Informationsverarbeitung zeigt sich in folgenden Merkmalen:

- Veränderung der bisher angewendeten Aufbauprinzipien (analoge Verarbeitung wird durch digitale abgelöst)
- Veränderung der Informationseingabe und -ausgabe sowie der Informationsdarstellung
- Verbesserung der Zuverlässigkeitseigenschaften von Geräten, die durch die Integration vieler Funktionen in wenigen Schaltkreisen bedingt ist
- hohe Gebrauchswerteigenschaften (Anpassung an Aufgabenstellung durch Programmierung)
- Zusammenwachsen der Meß-, Regelungs-, Steuerungs- und Prozeßrechentechnik
- Vereinheitlichung verwandter Erzeugnisse, Fertigungs- und Prüftechnologien
- Steigerung des Wiederholgrads, dadurch Kostensenkung
- Möglichkeiten für planmäßige und nachträgliche Erweiterungen bzw. Anpassung mit Standardschaltkreisen
- allgemeine Flexibilität und Anpaßfähigkeit.

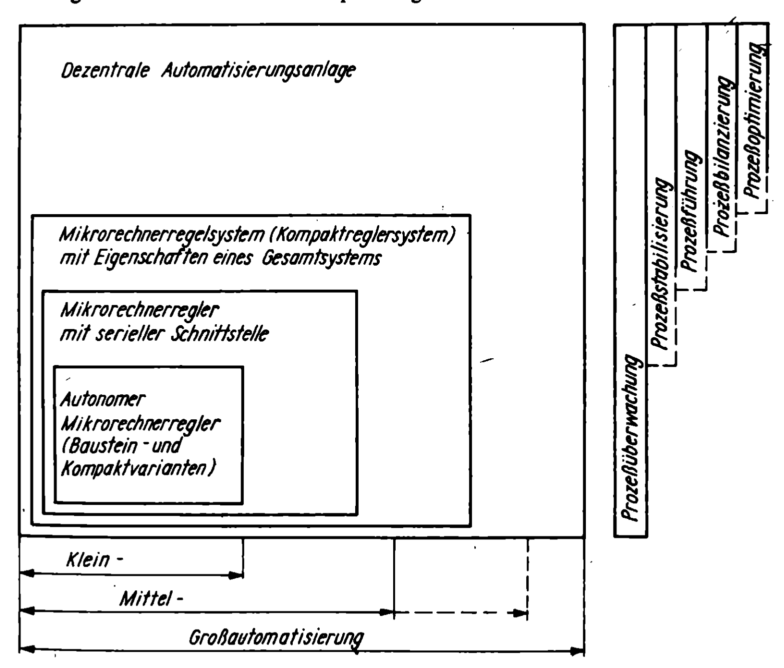


Bild 3.2. Niveaugestufte Mikroprozessorregeleinrichtungen

Abhängig von den Anwenderforderungen wurden niveaugestuft mehr- oder einkanalig arbeitende Informationsverarbeitungseinheiten auf Mikroprozessorbasis entwickelt, die im Rahmen dezentraler Automatisierungssysteme oder als selbständige Regeleinrichtungen verwendet werden. Die Leistungsskala reicht von der für anspruchsvolle Aufgaben der Groß- und Mittelautomatisierung vorgesehenen Gerätetechnik der dezentralen Automatisierungssysteme bis hinunter zu ein- und mehrkanaligen Mikroprozessorregeleinrichtungen in Kompakt- und Bausteinvarianten für die Aggregat- und Kleinautomatisierung (Bild 3.2). Die Gerätetechnik des dezentralen Automatisierungssystems *audatec* (Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) ist im Abschn. 4. ausführlich beschrieben [3.28 bis 3.32].

Die Mikroprozessorregeleinrichtung ursamar 5001 (Hersteller: VEB Wetron Weida) wird angeboten in den Varianten

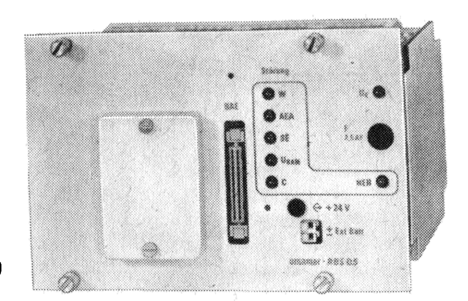
- Mikroprozessorregeleinrichtung für die Kraftwerksautomatisierung und
- Mikroprozessorregler bzw. Einfachmikrorechner für universelle Anwendung.

Die Mikroprozessorregeleinrichtung hat eine EPROM-residente parametrier- und strukturierbare Firmware einschließlich der Anwenderprogramme. Demgegenüber besitzt der Mikroprozessorregler für universelle Anwendung eine Firmware ohne Anwenderprogramme [3.33 bis 3.35].

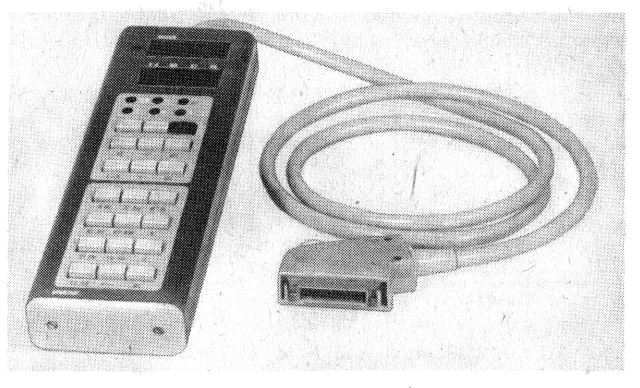
Die Mikroprozessorregeleinrichtung besteht aus den Bausteinen (Bild 3.3)

Regler RBS 05
Bedien- und Anzeigeeinheit RBL 05
Leitgerät RKL 03
Signalweiche RBP 05 (für Modact-Stellantriebe)
Logik-Signalweiche RBD 06.

a)



b)



c)

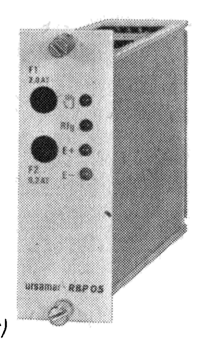


Bild 3.3. *Mikroprozessorregeleinrichtung ursamar 5001 (Hersteller VEB Wetron Weida)*
a) Regler RBS 05; b) Bedien- und Anzeigeeinheit REL 05; c) Signalweiche RBP 05

Der Mikroprozessor RBS 05 realisiert einen PI-Kanal mit umfangreichen analogen und binären Zusatzfunktionen.

Der Regler ist über eine langsame serielle Schnittstelle an ein dezentrales Automatisierungssystem *audatec* ankoppelbar. Damit sind über die Bildschirmleittechnik Betriebszustände, Prozeßdaten und Reglerparameter abfragbar sowie die Führung des Regelkreises möglich. Der Regler verfügt über eine leistungsfähige Softwarestruktur mit einer universellen Analogsignalverarbeitung und einer dem Anwendungsfall speziell angepaßten Binär- und Störsignalverarbeitung. Die technischen Merkmale und Kenngrößen sind in Tafel 3.1 dargestellt.

Tafel 3.1. Technische Charakterisierung der Mikroprozessorregeleinrichtung ursamar 5001 (Hersteller VEB Wetron Weida)

Regler RBS 05	
Abmessungen	180 mm × 100 mm × 170 mm
Eingangssignale	6 Analogeingänge (0 ... 20 mA; 4 ... 20 mA; 0 ... 10 V) 12 Binäreingänge (24 V)
Ausgangssignale	1 Ausgang für Stellgröße (4 ... 20 mA; 0 ... 10 V) 3 Analogausgänge (4 ... 20 mA) 6 Binärausgänge (24 V)
Serielles Interfaces	2 Sende- und Empfangslinien: 20-mA-Stromschleife; 9,6 kBaud
Bedien- und Anzeigeeinheit RBL 05	
Funktionen	Parametrierung Strukturierung Signalverfolgung Simulation

Die Mikroprozessorregeleinrichtung ursamar 5001 ergänzt als Einkanalregler sinnvoll das dezentrale Automatisierungssystem *audatec* bei extrem hohen Zuverlässigkeitsforderungen.

Für unterschiedliche Anwendungsfälle der Klein- und Mittelautomatisierung sind innerhalb des Gerätesystems ursamar 5000 Bausteinvarianten und Kompaktregler vorgesehen [3.35].

Informationsgewinnung. Die Auswirkungen der Mikroelektronik auf die Geräte der Meßwerterfassung zeigen sich in den Tendenzen

Verringerung des Meßfehlers
Erweiterung des Funktionsumfangs („intelligente" Sensoren)
Erhöhung des Bedienkomforts
Anwendung neuer Wirkprinzipien.

Die Verringerung des Meßfehlers und die Erweiterung des Funktionsumfangs durch Einbeziehung von Informationsverarbeitungsfunktionen führen zur strukturellen Veränderung im Aufbau der Automatisierungsanlagen (s. Abschnitte 3.1.2. und 3.2.1.1.). Dabei kann der für die Erweiterung des Funktionsumfangs erforderliche Anteil der Informationsverarbeitung räumlich der Basissteuereinheit oder dem Meßwertaufnehmer direkt zugeordnet werden (s. Abschn. 4.1.3.). Bild 3.4 zeigt als Beispiel für einen „intelligenten" Sensor das Blockschaltbild eines digitalen Meßumformers mit Mikroprozessor und Anschlußmöglichkeit an einen Lichtwellenleiter. Vorteile gegenüber einem herkömmlichen Meßumformer sind zusätzliche Funk-

tionen, wie Kennlinienlinearisierung, Störgrößenkorrektur, Meßbereichsferneinstellung, Kalibrierung, Mittelwertbildung, Zeitprogrammsteuerung und Buskoppelbarkeit. Der eingebaute Mikroprozessor kann Informationen auswählen, indem er z. B. nur bei bestimmten Veränderungen einen neuen Meßwert meldet. Durch Ferneinstellung und Ferndiagnose können Aufwandsreduzierungen für Konfigurationen und Diagnose bis zu 95 % erreicht werden [3.2; 3.36].

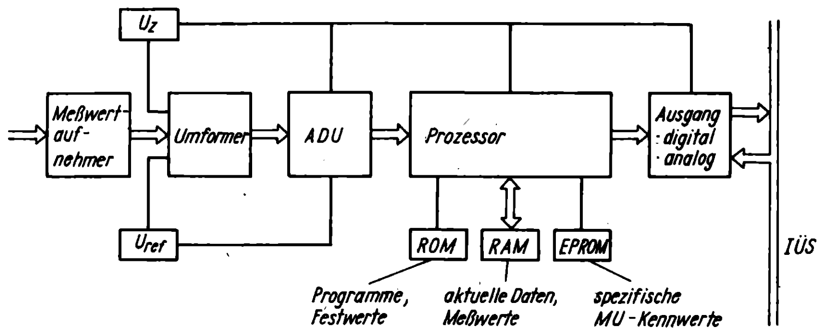


Bild 3.4. Blockschaltbild eines digitalen Meßumformers [3.36]

U_z Störsignal; U_{ref} Abgleichsignal; ADU Analog/Digital-Umsetzer; LWL Lichtwellenleiter; MU Meßumformer; IÜS Informationsübertragungsstrecke mit
- digitaler Signalübertragung (Draht- oder LWL-Übertragung), busfähig
- analoger Signalübertragung (0) 4 bis 20 mA

Im Gefolge der Vervollkommnung der Halbleitertechnologien gelangen verstärkt Meßtechniken zur Anwendung, die entweder Halbleitereffekte direkt nutzen oder wegen der aufwendigen Meßwertaufbereitung bisher wenig Verwendung fanden [3.37], z. B.

Siliziumsensoren
Keramiksensoren
Glasfibersensoren
magnetoelastische Sensoren
Rauschdetektoren
Laser- und Mikrowellenmeßtechnik.

Die nach derartigen Wirkprinzipien arbeitenden Sensoren ermöglichen eine beachtliche Massereduzierung und Gebrauchswerterhöhung. Ein Beispiel hierfür ist der für den industriellen Einsatz entwickelte Absolutdruckwandler (Bild 3.5) [3.38].

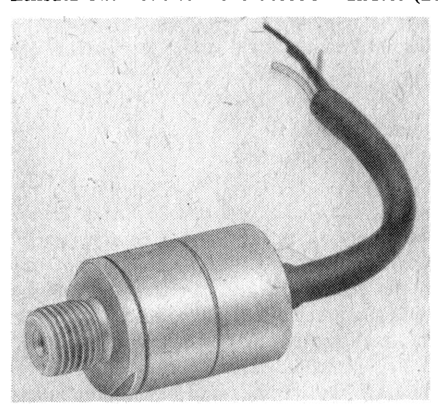


Bild 3.5. Absolutdruckwandler (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Meßbereich: 0 bis 200 kPa absolut
Abmessungen: Ø 20 mm × 38 mm

Informationseingabe und -ausgabe. Für die Mensch-Maschine-Kommunikation gewinnen Bildschirmsysteme ständig an Bedeutung [3.39 bis 3.42]. Tafel 3.2 zeigt eine grobe Übersicht über die Eingabe- und Ausgabemittel von Bildschirmsystemen. Die mit der Anwendung von Bildschirmsystemen verbundenen radikalen Veränderungen in der Prozeßüberwachung und Prozeßbedienung führten zu neuen Aufgabenstellungen für die Gestaltung der Arbeitsaufgabe des Anlagenfahrers und die Arbeitsplatzgestaltung in der Warte, die Optimierung des Informationsangebots, die Ableitung ergonomisch begründeter Zuverlässigkeitsstrategie [3.43 bis 3.49].

In den Abschnitten 4.4. und 4.6. ist die Mensch-Maschine-Kommunikation am Beispiel des dezentralen Automatisierungssystems *audatec* umfassend dargestellt.

Tafel 3.2. Eingabe- und Ausgabemittel für die Mensch-Anlage-Kommunikation mit Bildschirmsystemen

Eingabe	*Ausgabe*
Einzelgeräte	Analog- oder Digitalanzeiger
alphanumerische Tastatur	Schreiber
Funktionstastatur	Drucker, Plotter
virtuelle Tastatur	alphanumerischer Schwarzweißmonitor
Lichtgriffel	grafischer Farbmonitor
Steuerknüppel	großflächige Leuchtbilder
Sprache	Sprache

Informationsübertragung. Mit dem Einsatz dezentraler Automatisierungssysteme hat die digitale serielle Informationsübertragung in der Prozeßautomatisierung Eingang gefunden (s. Abschn. 4.1.5.). In Tafel 3.3 sind einige wesentliche im System ursamat gebräuchliche serielle Interfaces dargestellt. Fast alle bekannten Bussysteme sind ausschließlich darauf ausgelegt, die Datenübertragung zwischen den dezentralen Informationsverarbeitungseinheiten zu gewährleisten [3.23, 3.27]. Eine direkte Ankopplung von Meßumformern oder Stellantrieben ist bisher nur bei wenigen Systemen mittels Feldbus und Feldmultiplexer [3.50, 3.51] möglich.

Tafel 3.3. Bitserielle Interfaces im System ursamat
(Universelles System von Geräten und Einrichtungen zur Gewinnung, Übertragung, Verarbeitung und Nutzung von Informationen für die Automatisierung technologischer Prozesse)

Bezeichnung	Größte Übertragungsentfernung	Übertragungsgeschwindigkeit	Zahl der anschließbaren Einheiten
Zwischenblockinterface für den Nahbereich	300 m	500 KBd	20
Zwischenblockinterface für den Fernbereich	3 km	500 KBd	60
Langsame serielle Schnittstelle	200 m	4,8 KBd	
Fernwirkinterfaces FI-M 1200	200 km	1200 Bd	30
FI-M 600	200 km	600 Bd	30
FI-M 200	200 km	200 Bd	30
FI	30 km	9600 Bd	1

Obwohl Verkabelungseinsparungen die Anwendung des Feldbusses vorteilhaft erscheinen lassen, erschweren bei allen bekannten Systemen derzeit noch unzureichend gelöste technische Probleme, z. B. Ex-Schutz, seinen industriellen Einsatz. Auch die bei einigen Systemen angewendete Informationsübertragung über Lichtwellenleiter ermöglicht bisher nicht die direkte Ankopplung der Meß- und Stelltechnik, da hierbei die möglichen Materialkosteneinsparungen bei der Informationsübertragung durch zusätzliche Kosten bei der Stromversorgung der Meß- und Stelltechnik übertroffen werden.

Informationsnutzung. Gegenwärtig wird Entwicklungsaufwand betrieben, um die Dezentralisierung der Intelligenz auf die Stelleinrichtungen auszudehnen [3.52 bis 3.55]. Die angestrebten Funktionen künftiger intelligenter Stelleinrichtungen sind in Anlehnung an [3.23] in Tafel 3.4 dargestellt.

Tafel 3.4. Funktionsumfang intelligenter Stelleinrichtungen

Steuerfunktionen	*Eigenfunktionen*
Regelalgorithmen	Eigenüberwachung
Binärsteuerungen	Fehlerdiagnose
Positionierung	Fehlerort- und Fehlerartanzeige
Stellgrößenbegrenzung	Havarieprogramme
Stellgeschwindigkeits-begrenzung	Buskopplung
Kennlinienkorrektur	Bussteuerung
stoßfreie Hand/Automatik-Umschaltung	
Grenzwertüberwachung	

3.1.2. Anlagenstrukturen

Die mit dem Eindringen der Mikroelektronik in die Automatisierungsanlagentechnik entstandene fast unübersehbare Vielfalt an Automatisierungskonzepten, -strukturen, -geräten und -einrichtungen bedarf einer systemtechnischen Einordnung, damit dem Anwender eine Grundorientierung für die Lösung seiner Automatisierungsaufgabe gegeben werden kann. Die Suche nach einer Optimalstruktur und anwenderorientierten Bewertung von Automatisierungssystemen ist eine Grundaufgabe zur Zielfindung in den durch die Mikroelektronik ausgelösten tiefgreifenden Wandlungsvorgängen in der Automatisierungstechnik [3.56 bis 3.65]. Im folgenden soll hierzu die Anlagenstruktur näher betrachtet werden. Dabei sind zu beachten, daß das Konzept, die Struktur und die gerätetechnische Grundlage der Automatisierungsanlage sehr stark voneinander abhängig sind und daß nur eine komplexe Betrachtung zu einer sinnvollen Bewertung führt (s. Abschn. 2.).

Bild 3.6 zeigt die Prinzipdarstellung der wichtigsten *Strukturen von Automatisierungsanlagen.* Typisch für die konventionelle Technik – auch Parallеltechnik genannt – ist, daß für jede MSR-Stelle die zugehörige analoge Gerätetechnik parallel installiert ist und auch die Bedienung in der Warte parallel erfolgen kann. Mit zunehmender Komplexität und Kompliziertheit der Automatisierungsaufgabe werden die Nachteile der Parallеltechnik offensichtlich:

- Überforderung des Anlagenfahrers durch ein Überangebot an Informationen
- geringer Bedienkomfort
- sehr beschränkter Funktionsumfang
- hoher Aufwand für Projektierung, Verkabelung, Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung
- geringe Anpassungsfähigkeit
- Trennung von Steuer- und Regelaufgabe.

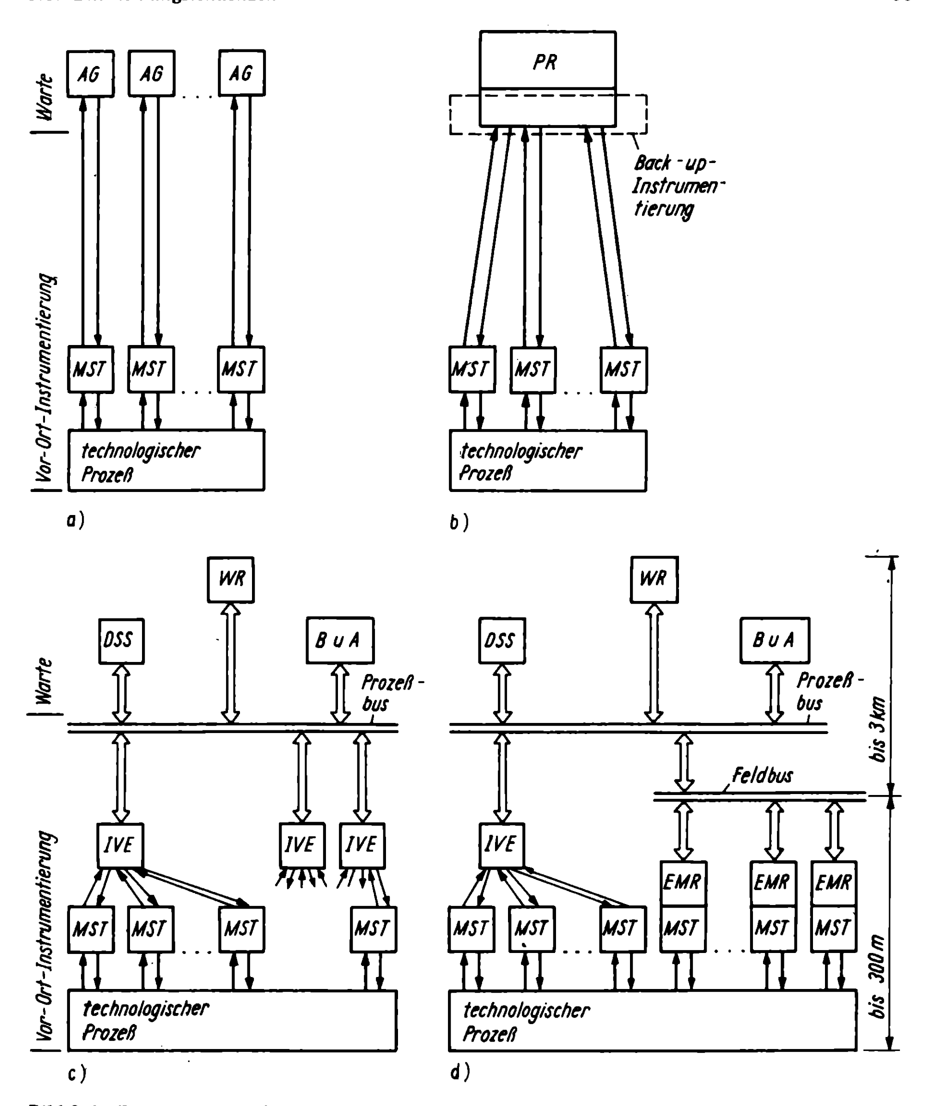


Bild 3.6. Entwickung der Grobstruktur von Automatisierungsanlagen

a) konventionelle Automatisierungsanlage (Paralleltechnik); b) Automatisierungsanlage mit zentralem Prozeßrechner; c) dezentrale Automatisierungsanlage; d) dezentrale Automatisierungsanlage mit intelligenter Meß- und Stelltechnik

AG Automatisierungsgeräte zur Informationseingabe, -verarbeitung und -ausgabe; MST Meß- und Stelltechnik; BuA Bedien- und Anzeigeeinheit; IVE Informationsverarbeitungseinrichtung; PR Prozeßrechner; WR Wartenrechner; DSS Datenbahnsteuerstation; EMR Einchipmikrorechner

Um diese Nachteile zu überwinden, wurde versucht, Automatisierungsanlagen mit einem zentralen Prozeßrechner in die Prozeßautomatisierung einzuführen. An die Stelle der total parallelen Technik wurde die total zentrale Technik gesetzt. Bei einer Automatisierungsanlage mit zentralem Prozeßrechner übernimmt dieser zentral alle Automatisierungsaufgaben. Die Mensch-Anlage-Kommunikation erfolgt über Tastaturen, Drucker und ggf. Bildschirm. Der dieser Struktur innewohnenden unzureichenden Zuverlässigkeit wurde teilweise durch Installation zusätzlicher konventioneller Instrumentierung (back-up) begegnet. Die zusätzliche Instrumentierung verursacht selbstverständlich zusätzliche Kosten. Nachteile der zentralen Prozeßrechnersysteme sind

- zentralisierte und komplexe Rechentechnik und Software
- Zwang zu aufwendigen Zuverlässigkeitsmaßnahmen, z. B. Zweirechnersysteme oder konventionelles Back-up
- teure und komplizierte Programmerarbeitung und -pflege
- speziell ausgebildetes Personal für Programmierung, Inbetriebnahme und Instandhaltung
- erhöhter Aufwand für Projektierung, Fertigung und Betreiben.

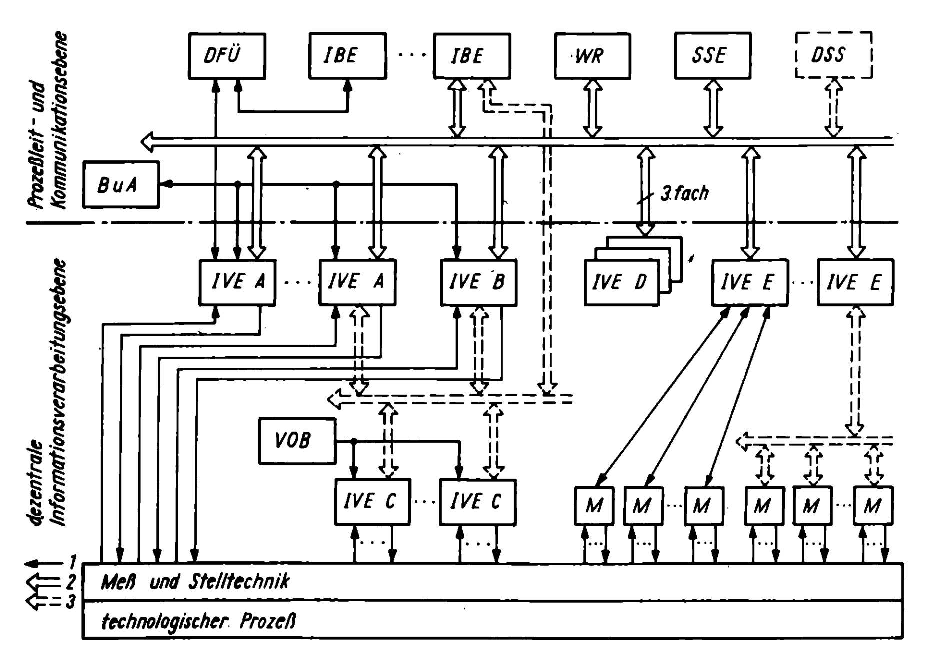


Bild 3.7. Mehrebenenautomatisierungssystem mit Vor-Ort-Bedieneinrichtung und Feldmultiplexer

1 Informationsübertragungsstrecke mit analoger paralleler Signalübertragung
2 Informationsübertragungsstrecke mit digitaler, serieller Signalübertragung (Draht- oder LWL-Übertragung) bis 10 km (Fernbus)
3 Informationsübertragungsstrecke mit digitaler, serieller Signalübertragung (Draht- oder LWL-Übertragung) bis 300 m (Nahbus)
IBE Informations- und Bedieneinrichtung (Monitor, Drucker, Tastatur u. a.); IVEA Informationsverarbeitungseinrichtung Basissteuereinheit; IVEB Informationsverarbeitungseinrichtung Knotensteuereinheit; IVEC Informationsverarbeitungseinrichtung Vor-Ort-Station; IVED Sicherheits-Informationsverarbeitungseinrichtung; IVEE Informationsverarbeitungseinrichtung für Feldmultiplexer; DSS Datenbahnsteuerstation; SSE Service- und Strukturiereinrichtung; WR Wartenrechner; DFÜ Datenfernübertragung; M Feldmultiplexer; BuA konventionelle Bedien- und Anzeigetechnik; VOB Vor-Ort-Bedieneinrichtung; MST Meß- und Stelltechnik; LWL Lichtwellenleiter

Die Nachteile der konventionellen Technik und der Automatisierungsanlagen mit zentralem Prozeßrechner können durch die Anwendung dezentraler Automatisierungsanlagen überwunden werden. Dabei kann mit Hilfe von preiswerten Mikrorechnern eine funktionelle und räumliche Dezentralisierung der Informationsverarbeitungsfunktionen erreicht und verschiedene aufgabenorientierte Hierarchieebenen gebildet werden. Die im Bild 3.6 c gezeigte Grobstruktur läßt eine nahezu unbegrenzte Variantenvielfalt der räumlichen und funktionellen Anordnung von Informationsverarbeitungseinheiten, Datenbus, Bedien- und Anzeigeeinheiten und Prozeßrechner (Wartenrechner) zu [3.57, 3.65]. Bild 3.6 d zeigt eine weitere mögliche Stufe der Dezentralisierung durch Einbeziehung von Einchipmikrorechnern zur Schaffung intelligenter Meß- und Stelleinrichtungen. Die zusätzlichen Informationsverarbeitungsfunktionen der intelligenten Meß- und Stelleinrichtungen wurden im Abschn. 3.1.1.2. dargelegt. Durch Einführung eines bitseriellen Feldbussystems zur direkten Ankopplung der Meß- und Stelleinrichtungen über den Prozeßbus an die Informationsverarbeitungseinheiten und die Bedien- und Anzeigeeinheit in der Warte kann die funktionelle Struktur der Automatisierungsanlage grundlegend verändert werden. Die Anordnung von Mikrorechnern im Feldbereich setzt in vielen Einsatzfällen die Gewährleistung des Ex-Schutzes voraus [3.66].

Im Bild 3.7 ist eine Maximalvariante eines dezentralen Automatisierungssystems mit intelligenten Meß- und Stelleinrichtungen dargestellt. An die auch mit Lichtwellenleiter aufzubauenden hierarchisch angeordneten Bussysteme können verschiedenartige Informationsverarbeitungseinheiten, intelligente Bedien- und Anzeigeeinheiten, intelligente Meß- und Stelleinrichtungen und weitere periphere Einheiten angeschlossen werden. Mit diesem System können sowohl Regel- als auch Steueraufgaben gelöst werden. Durch redundante Anordnung der Informationsverarbeitungseinheiten und Busse können Zuverlässigkeitskennwerte erreicht werden, die an Schutzsysteme gestellt werden.

3.1.3. Lichtwellenleittechnik

In den letzten Jahren hat die Lichtwellenleittechnik so bemerkenswerte Fortschritte erzielt, daß von ihr ähnlich große Fortschritte wie von der Mikroelektronik zu erwarten sind. Hersteller und Anwender von Automatisierungsanlagen müssen sich daher frühzeitig auf die neuen Möglichkeiten und tiefgreifenden Konsequenzen der Einführung der Lichtwellenleittechnik vorbereiten.

Gegenwärtig haben die wichtigsten Komponenten eines optischen Informationsverarbeitungssystems, wie *Sender, Empfänger, Lichtwellenleiter und Verbindungselemente,* hinsichtlich Qualität und Lebensdauer einen Entwicklungsstand erreicht, der den industriellen Einsatz rechtfertigt [3.67 bis 3.77]. Die *Vorteile* von Lichtwellenleitern sind

- sehr hohe Übertragungsraten und große Bandbreite des Übertragungskanals
- Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen und magnetischen Störfeldern
- keine Ausbildung elektromagnetischer Felder
- galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgang
- geringe Masse, dadurch Materialreduzierung bis auf $^1/1000$ bei Kabel
- Volumenreduzierung
- große Biegbarkeit der Kabel
- geringe Dämpfung.

Aufbau, Wirkungsweise und charakteristische Eigenschaften verschiedener Lichtwellenleitertypen sind im Bild 3.8 zusammengestellt. Eine Einführung in die Probleme der Lichtleittechnik ist in [3.70] enthalten; auf die Darstellung der Grundlagen der Lichtwellenleittechnik kann deshalb hier verzichtet werden.

Im Bild 3.9 ist eine Punkt-zu-Punkt-Übertragungsstrecke mit Lichtwellenleiter vereinfacht wiedergegeben. Die zu übertragende Information wird in Gestalt eines elektrischen Signals dem Eingang des Senders zugeführt. Im Sender werden entsprechende Lichtsignale erzeugt,

Fasertyp	Multimodenfaser		Monomodenfaser
Profilform	Stufe	Gradient	Stufe
Profilverlauf			
Aufbau und Lichtwellenleitung	Totalreflexion	Refraktion	Wellenführung
Kerndurchmesser [µm]	50 ··· 100	30 ··· 70	3 ··· 5
Manteldurchmesser [µm]	100 ··· 150	100 ··· 150	100 ··· 150
Dämpfung [dB/km]	2 ··· 5	2 ··· 5	2 ··· 5
Bandbreite [MHz km]	40 ··· 65	400 ··· 1200	2500 ··· 3500
Dispersion [ns/km]	10 ··· 100	1 ··· 5	0,1 ··· 0,5

Bild 3.8. Aufbau, Wirkungsweise und charakteristische Eigenschaften verschiedener Lichtwellenleitertypen

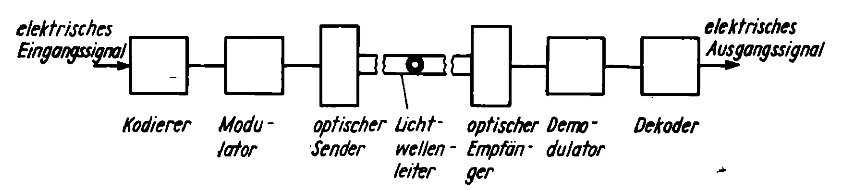


Bild 3.9. Übertragungsstrecke mit Lichtwellenleiter

die über den Lichtwellenleiter zum anderen Streckenende übertragen werden; im Empfänger wird das optische Signal wieder in ein elektrisches Signal umgesetzt. Die Ankopplung mehrerer Funktionseinheiten mit Mikrorechner an einen optischen Bus wird im Bild 3.10 gezeigt.

Als *optische Sender* werden Lichtquellen verwendet, deren Strahlung in einem auf den verwendeten Lichtwellenleitertyp abgestimmten Wellenlängenbereich liegt und die eine lange Lebensdauer, einfache Stromversorgung, geringe Temperaturabhängigkeit und einen niedrigen Preis haben. Diesen Anforderungen entsprechen lichtemittierende Dioden (LED) und Laserdioden (LD).

Optische Empfänger müssen für die gewählte Wellenlänge ausreichende Empfindlichkeit bei geringem Rauschen aufweisen. Eingesetzt werden bevorzugt PIN-Fotodioden und Lawinendioden. Eine Tendenz bei der Entwicklung von Fotodetektoren geht dahin, Bauelemente zu entwickeln, die sich wie Thyristoren verhalten und durch Lichtimpulse schaltbar („zündbar") sind. Dadurch kann eine nachfolgende Verstärkung entfallen.

Als *optische Verbindungselemente* werden einfache Kopplungen und Verzweigungen benötigt. Beispiele für optische Verzweigungen werden im Bild 3.11 gezeigt.

Zunehmend werden Lichtwellenleitersysteme durch optoelektronische *Fasersensoren* komplettiert [3.78, 3.79]. Auch sind Fasersensoren bei extremen Umgebungsbedingungen, z. B. hohen Temperaturen, Explosions- und Strahlungsgefährdung, oftmals die einzige Lösung für die Meßaufgabe. Glasfasern sind bis etwa 350 °C verwendbar. Für die Erfassung von Druck, Weg, Temperatur, Durchfluß, Füllstand u. ä. können Sensoren eingesetzt werden, bei denen der aus dem Faserende austretende Lichtstrahl von einer bewegten Oberfläche unterbrochen oder unterschiedlich reflektiert wird. Durch Anbringung geeigneter Reflektoren kann so ein Meßsignal gewonnen werden, das sofort zur Übertragung mit dem Lichtwellenleiter genutzt werden kann.

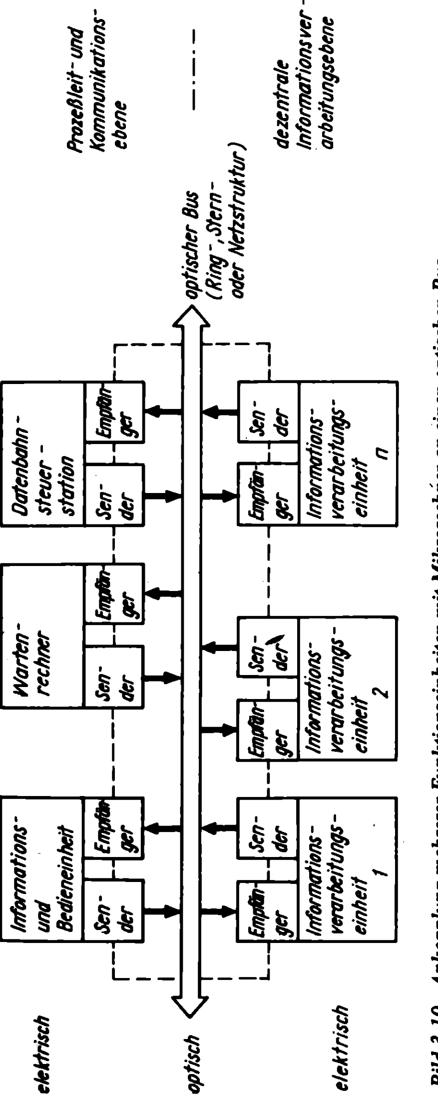


Bild 3.10. *Ankopplung mehrerer Funktionseinheiten mit Mikrorechner an einen optischen Bus*

Typ	Stirnflächenkoppler (Rundtyp)	Stirnflächenkoppler (Rechtecktyp)	Mantelflächenkoppler (Taper)
Prinzip	Faser 2, Faser 1, Faser 3	Faser 2, Faser 3, Faser 1	Faser 2, Ausgang 2, Eingang 2, Faser 1, Eingang 1, Ausgang 1
Innere Dämpfung [dB]	1 ··· 2	0,3 ··· 0,5	0,3 ··· 0,5
Äußere Dämpfung [dB]			
Steckverbindung	1 ··· 2	1 ··· 2	1 ··· 2
Spleißverbindung	0,1 ··· 0,2	0,1 ··· 0,2	0,1 ··· 0,2

Bild 3.11. Optische Verzweigungen

Weitere Entwicklungstendenzen gehen in Richtung der Integration optischer Schaltungen analog zu den mikroelektronischen Schaltkreisen und der Integration optischer und elektronischer Funktionen in einem miniaturisierten Bauelement [3.74, 3.80].

Voraussetzung für die Anwendung der Lichtwellenleittechnik in der Praxis ist die Verfügbarkeit von *Werkzeugen* zum Abmanteln der Lichtwellenleiter, Fasertrenngeräte, Geräte zum Schleifen und Polieren von Endflächen, Geräte zum Spleißen einschließlich Geräte für die Gütekontrolle der Spleißstelle. Außerdem werden *Meßgeräte* zur Überprüfung der Eigenschaften der Lichtwellenleiterstrecke benötigt: Dämpfungsmeßgeräte, Reflexionsmeßgeräte und Bandbreitenmeßgeräte.

3.2. Mikroprozeßrechentechnik in Automatisierungsanlagen

3.2.1. Gerätesysteme

3.2.1.1. Erweiterung der Funktion von Meßgeräten

Die funktionelle Erweiterung von Meßgeräten kann realisiert werden durch

- Anschluß eines oder mehrerer gleichartiger Meßgeräte an einen Mikrorechner
- durch Integration eines Einzweckmikrorechners und des Meßwerks zu einem neuartigen Meßgerät.

Derartige Meßgeräte können in Verbindung mit einem Mikrorechner folgende Aufgaben übernehmen [3.81 bis 3.84]:

Meßwertausgabe in wählbaren Einheiten
Multiplikation mit Skalierungskonstanten
Umrechnungen
Berechnungen von Anstiegs- und Abfallzeiten
Quotienten- und Differenzbildung
Überwachung von Grenzwerten

Kalibrierung
Toleranzberechnungen
Mittelwertbildung
Berechnung stochastischer Kennfunktionen
einfache Steueraufgaben.

Meßgeräte, die mit Mikrorechnern verbunden sind, zeichnen sich durch eine hohe Universalität aus. Durch eine geeignete Anpassung der Software kann die Abarbeitung der Aufgaben optimiert werden. Die Aufbereitung der Meßergebnisse kann vor der Weiterleitung an einen übergeordneten zentralen Rechner durch Mikrorechner wesentlich reduziert werden. Stehen Meßgeräte in Verbindung mit gleichartigen Meßeinrichtungen, sind für den Einsatz von Mikrorechnern standardisierte Interfacebedingungen Voraussetzung. Begrenzt wird der Einsatz von Mikrorechnern in Meßgeräten durch Forderungen bezüglich

der Verringerung des Meßfehlers
der Operationsgeschwindigkeit
des Umfangs der zu verarbeitenden Informationen.

3.2.1.2. Digitale Informationsverarbeitungseinrichtungen

Digitale Regelungen bieten gegenüber den analogen entscheidende Vorteile:

- genaue Informationsverarbeitung
- Mehrfachausnutzung aufgrund der zeitdiskreten Signalverarbeitung
- Möglichkeit der Speicherung von Informationen
- genaue Reproduzierbarkeit von Einstellwerten
- sichere Signaldarstellung.

Der Einsatz eines Mikrorechners als *Digitalregler* bringt aus folgenden Gründen erhebliche Vorteile:

- Hohe Einsatzflexibilität infolge Umrüstbarkeit durch vorprogrammierte Festwertspeicher ermöglicht Einsparungen in der Fertigung und Projektierung.
- Es ist nur geringer Kommunikationsaufwand mit einem übergeordneten Rechner erforderlich.
- Durch Testprogramme ergibt sich die Möglichkeit der Selbstüberwachung und der Fehlerlokalisierung.
- Die Reglerstruktur ist umschaltbar.
- Die Reglerparameter haben eine große Variationsbreite.
- Durch Realisierung optimaler Regelalgorithmen erfolgt eine Verbesserung der Regelgüte.

Den nachfolgend erläuterten Ausführungsformen der Gerätetechnik liegen der im Bild 3.12 skizzierte prinzipielle Aufbau und das Zusammenwirken von Mikrorechnermodulen mit ergänzenden Prozeß-Eingabe-Ausgabe-Modulen zugrunde.

Mehrkanalregler. Mehrkanalregler sind durch folgende Gebrauchswerteigenschaften gekennzeichnet [3.85 bis 3.88]:

- hoher Regelkomfort und gute Bedienbarkeit (große Parameterbereiche, unabhängige Parametereinstellbarkeit, hohe Parameterkonstanz, Betriebszustandsumschaltmöglichkeit, Fernsteuerbarkeit, großes Spektrum an Regel-, Steuer- und Rechenalgorithmen)
- leichte Anpaßbarkeit und Änderbarkeit (modulare Systemtechnik für Hardware und Software, flexible Programmierbarkeit, frei-, katalog- und festprogrammiert)
- übersichtliche und schnelle Projektierbarkeit
- leichte Inbetriebnahme.

Der Mehrkanalregler besteht aus den Hauptfunktionsgruppen [3.82]:

- zentrale Verarbeitungseinheit mit Mikroprozessor zur Realisierung aller Steuer- und Rechenfunktionen.

Die Verknüpfung zu allen anderen Modulen erfolgt über einen Daten-, Adreß- und Steuerbus.
- Kennwert- und Programmspeicher zur Festlegung der eigentlichen Funktion,
- Datenspeicher zur Abspeicherung der fließenden Daten der Informationsverarbeitung und der aktuellen Bedien- und Anzeigeoperationen,
- Bedien- und Anzeigefeld mit Paneelinterface für Eingriffe des Anwenders in die Programmstruktur und Signalzustände des Reglers,
- Zur Prozeßkopplung dienen Module zur A/D- und D/A-Wandlung, analogen und digitalen Pegelanpassung und ggf. zur Potentialtrennung.
- Die Kopplung zu übergeordneten Einrichtungen (Anzeige-, Registriergeräte, Wartenrechner) erfolgt über ein paralleles oder serielles Standardinterface.

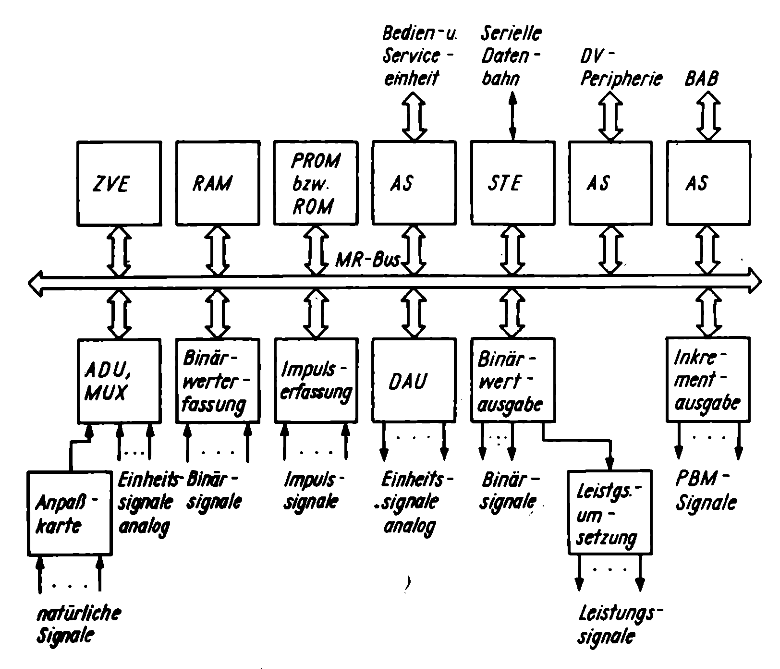


Bild 3.12. Blockschaltbild eines Mikrorechners für Automatisierungsaufgaben

ZVE zentrale Verarbeitungseinheit; **RAM** Speicher mit wahlfreiem Zugriff (Schreib/Lese-Speicher); **ROM** Festwertspeicher mit wahlfreiem Zugriff (Lesespeicher); **PROM** programmierbarer Festwertspeicher; **AS** Anschlußsteuerung; **STE** Steuereinheit; **DV** Datenverarbeitung; **BAB** Bildschirmanzeigebaugruppe; **ADU** Analog/Digital-Wandler; **MUX** Meßstellenumschalter; **DAU** Digital/Analog-Wandler; **PBM** Pulsbreitenmodulation

Der Mehrfachregler erfaßt die an den Eingangskanälen aufgeschalteten Einheitssignale oder natürliche Signale und arbeitet digital Regelalgorithmen ab. Dabei werden auch Rechenoperationen, wie sie innerhalb eines Regelkreises erforderlich sind, bearbeitet. Es sind Regelalgorithmen für ein- und mehrschleifige Regelungen, für Führungs- und Festwertregelungen möglich. Die berechneten Stellgrößen werden als Einheitssignal oder Inkrement ausgegeben.

Mit der Anzeige- und Bedieneinheit können quasianaloge bzw. digitale Anzeigefunktionen realisiert und die Kanaleigenschaften im Sinne einer Geräteprogrammierung ohne zusätzliche Hilfsmittel festgelegt werden. Die zugehörige Funktionstastatur dient dabei der

Eingabe der Kanalprogramminformationen
Eingabe der Kanalparameter
Betriebsartenwahl
Anwahl der Regelkanalinformationen.

Die Software läßt sich durch folgende allgemeine Merkmale charakterisieren:

- speicherresidente Betriebssysteme, austauschbar für charakteristische Aufgabenklassen, wie Regeln und Steuern.
  Dem Betriebssystem obliegen programmorganisatorische Aufgaben zur Verbindung der Bedien-, Anzeigeelemente und Eingabe-Ausgabe-Kanäle mit den Anwenderprogrammodulen. Es bewirkt die Datentransporte von und zu den Adressen der Programmodule der eigentlichen Informationsverarbeitung. Das Betriebssystem ermöglicht eine effektive problemnahe Programmiersprache für den Anwender.
- speicherresidente Anwenderprogramme, freiprogrammierbar, modularprogrammierbar nach Katalogverknüpfungsvorschriften oder fest vorgegeben mit vorgeschriebenen Parameterbereichen, die voneinander unabhängig vom Anwender wählbar sind.

Einkanalregler. Aus Zuverlässigkeitsgründen ist es erforderlich, die Anzahl der Kanäle beim Mehrkanalregler zu minimieren. Dabei ist das Optimum zwischen Gerätepreis, Gebrauchswerterhöhung und Anzahl der Kanäle bestimmend. Für bestimmte Einsatzfälle, z. B. in der Kraftwerksautomatisierung, ist die geforderte Zuverlässigkeit mit vertretbarem Aufwand nur mit einkanaligen Mikrorechnersystemen zu erreichen. Einkanalregler besitzen als digitale Informationsverarbeitungseinheiten die gleichen charakteristischen Merkmale wie Mehrkanalregler. Die erforderliche hohe Zuverlässigkeit des Einkanalreglers wird nach [3.34 bis 3.36] gewährleistet durch:

- Einsatz einer Mikrorechnereinheit für jeweils einen Regelkreis (einkanalig)
- verstärkte Eigenüberwachung des Regelkreises und ein integriertes Störmeldekonzept
- Reduzierung der Baugruppenanzahl gegenüber dem Mehrkanalregler
- eine analog-binäre Schnittstelle zum Anschluß eines separaten Leitgeräts an den Einkanalregler zur unabhängigen Bedienung und Beobachtung des Regelkreises
- eine serielle Schnittstelle zum Anschluß eines rechnergeführten Informationssystems.

Damit ist parallel zu den Einzelleitgeräten eine gruppenserielle Beobachtung und Bedienung über Bildschirmgeräte möglich. Ebenfalls sind damit Führungsaufgaben durch ein übergeordnetes Rechnersystem realisierbar.

Verdrahtungs- und speicherprogrammierbare Steuerungen. Die bisher beschriebenen Einrichtungen mit Mikrorechner sind schwerpunktmäßig für die digitale Bearbeitung von Regelalgorithmen ausgelegt. Nach ähnlichen Aufbauprinzipien lassen sich programmierbare Steuereinrichtungen mit binärer und digitaler Informationsverarbeitung für Steuerung technologischer Prozesse und Maschinensteuerungen realisieren. Die Eigenschaften und technischen Parameter sind der Verarbeitung binärer Signale besonders angepaßt.

Wesentliche Merkmale sind:

- zentrale Verarbeitungseinheit mit Speicher, wobei diese der logischen Verknüpfung binärer Signale angepaßt ist bzw. spezielle Prozessortypen (Bitprozessoren) eingesetzt werden, die unmittelbar logische Bitmanipulationen durchführen können
- vorrangige Verwendung von Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen zur Erfassung und Ausgabe von Binärsignalen
- Programmorganisation der echtzeittreuen Abarbeitung von Steueralgorithmen besonders angepaßt
- wahlweiser Anschluß eines Programmiergeräts zur Eingabe, Testung und Änderung von Steueralgorithmen mit einer problemnahen Mnemonik.

Der Aufbau, die Funktionsweise und die Anwendung von Prozeßsteuerungen sind Gegenstand von [3.89].

3.2.2. Anlagensysteme

3.2.2.1. Inselbetrieb

Gemäß Bild 3.13 sind für die jeweilige Automatisierungsfunktion konfigurierte und programmierte Mikrorechnersysteme in den Funktionsebenen

dezentrale Verarbeitung
dezentrale Koordinierung und Überwachung

neben der konventionellen Gerätetechnik anwendbar für

Meßwerterfassung und -aufbereitung
Mehrkanalregelung
Steuerung

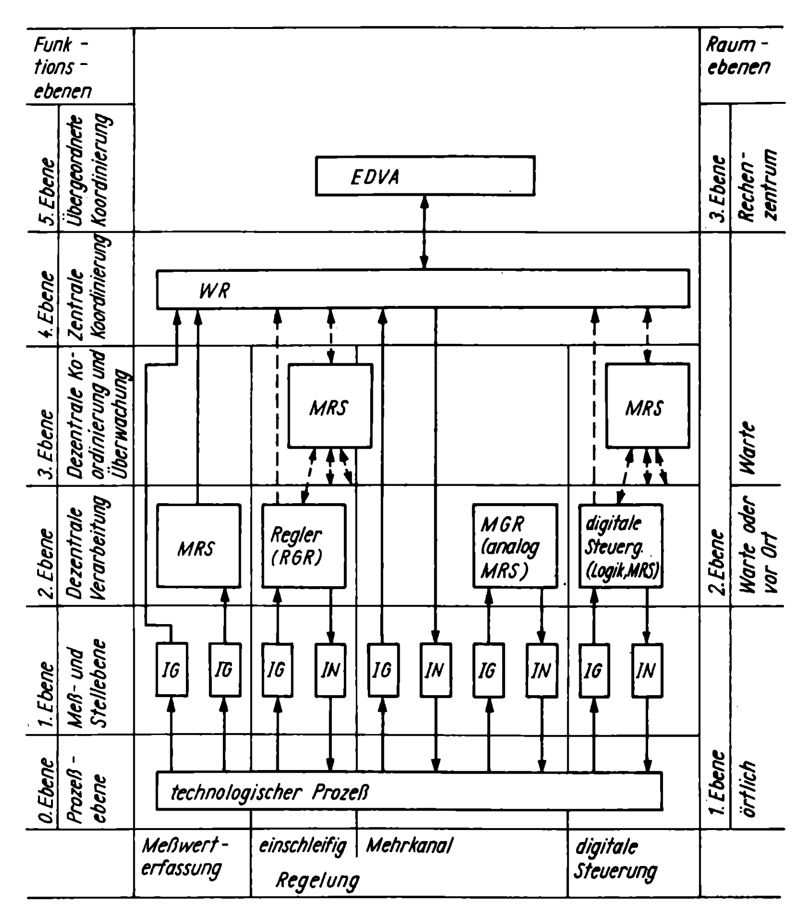


Bild 3.13. Nach Automatisierungsfunktion konfigurierte und programmierte Mikrorechnersysteme in den Funktionsebenen [3.90]

MRS Mikrorechnersystem; RGR rechnergeführte Regelung; MGR Mehrgrößenregelung; WR Wartenrechner; EDVA elektronische Datenverarbeitungsanlage; IG Informationsgewinnung; IN Informationsnutzung

Sollwertführung analog arbeitender, konventioneller Regler
übergeordnete Steueraufgaben.

Die Mikrorechnersysteme können nur für eine oder in Kombination für mehrere Aufgaben eingesetzt werden.

Dabei ist der völlig autonome Betrieb mit Nutzung einer Anzeige- und Bedienbaugruppe oder die Einzelkopplung mit einem Wartenrechner möglich, sofern eine kompatible Schnittstelle zwischen Wartenrechner und Mikrorechnersystem realisiert ist. In diesem Fall entlastet das Mikrorechnersystem den Wartenrechner von Routineaufgaben der Erfassung, Aufbereitung und Ausgabe von analogen und binären Signalen [3.90, 3.91].

3.2.2.2. Verbundbetrieb

Bei dem Einsatz von Einrichtungen mit Mikrorechnern im Verbundbetrieb lassen sich Anlagenhierarchien mit funktioneller und örtlicher Dezentralisierung der Funktionseinheiten für digitale Informationsverarbeitung aufbauen. Diese Anlagenhierarchien sind gekennzeichnet durch

- dezentrale Informationsverarbeitung in unmittelbarer Prozeßnähe
- serielle Informationsübertragung zwischen den einzelnen Ebenen der Hierarchie
- eine aus sicherheitstechnischen Gründen vorgesehene Überwachungsebene
- eine von der Mikroelektronik derzeit noch wenig beeinflußte Meß- und Stelltechnik
- ein zentrales Optimierungs- und Koordinierungszentrum mit Prozeßrechner in der Zentralwarte
- Anwendung leistungsfähiger Informations-Eingabe/Ausgabe-Einrichtungen zur Korrespondenz mit den einzelnen Anlagenebenen.

Wesentliche Voraussetzung für den Verbundbetrieb ist eine einheitliche Schnittstelle zur seriellen Datenübertragung bei allen zur Anwendung kommenden Einrichtungen. Die prinzipiellen Möglichkeiten des Einsatzes von Mikrorechnersystemen mit serieller Datenübertragungsschnittstelle sind im Bild 3.14 in Anlehnung an [3.90] skizziert. Die Mikrorechnersysteme werden denselben Funktionsebenen wie beim Inselbetrieb zugeordnet, sind untereinander aber mit einem seriellen Linieninterface (Bus) verkoppelt, das den Informationsaustausch über eine Entfernung von mehreren Kilometern gestattet. An den seriellen Bus ist ein Bedienpult mit Mikrorechner, Tastaturen und Bildschirmgeräten zur Informationseingabe und -ausgabe ankoppelbar, das die Informationsaufbereitung, Umsetzung von Bedienerhandlungen, Informationsdarstellung und Steuerung des Informationsaustausches über den seriellen Bus realisiert. Das Bedienpult gestattet die Meßwertdarstellung in grafischer Form (Balken- bzw. Säulendiagramme), ergänzt durch Meßwertanzeige in digitaler Form und Kurzinformationen in Textform. Über funktionsorientierte Tasten der Bedientastatur kann der Anlagenfahrer Darstellungsformen unterschiedlicher Detailtiefe aufrufen und durch Eingabe von Werten und Schalthandlungen die Arbeitsweise der Mikrorechner in den verschiedenen Ebenen beeinflussen. Die Mikrorechnersysteme können wie im Inselbetrieb für eine oder kombiniert für mehrere der genannten Aufgaben neben der konventionellen Gerätetechnik oder eigenständig eingesetzt werden [3.92 bis 3.98].

Durch die Konzentration der Informationsdarstellung auf Bildschirmgeräte ist eine bedeutende Reduzierung der konventionellen Anzeigegerätetechnik in der Warte erreichbar. Die Kopplung zu einem Wartenrechner wird nur noch über einen Mikrorechner vorgenommen, der die Schnittstellenumsetzung zwischen dem seriellen Bus und der Wartenrechnerschnittstelle realisiert und dem Informationsaustausch zwischen Wartenrechner und den Mikrorechnern der Funktionsebenen koordiniert. Die Verbindung zu einer übergeordneten elektronischen Datenverarbeitungsanlage wird mit Hilfe eines Wartenrechners hergestellt.

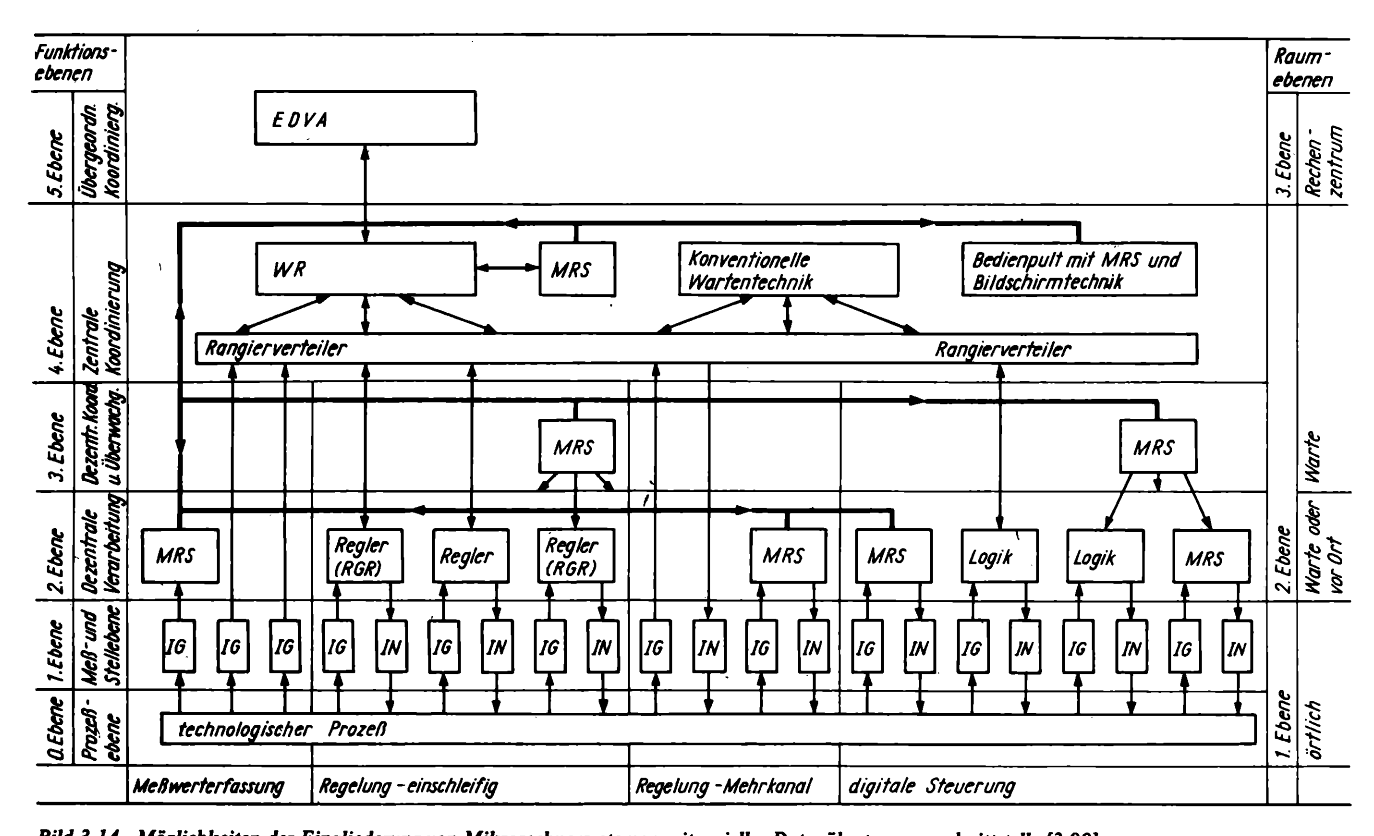


Bild 3.14. Möglichkeiten der Eingliederung von Mikrorechnersystemen mit serieller Datenübertragungsschnittstelle [3.90]

MRS Mikrorechnersystem; RGR rechnergeführte Regelung; WR Wartenrechner; EDVA elektronische Datenverarbeitungsanlage; IG Informationsgewinnung; IN Informationsnutzung

3.3. Dezentrale Automatisierunganlagensysteme

3.3.1. Systemübersicht

Die gegenwärtige Situation der Automatisierungsanlagentechnik in der DDR ist gekennzeichnet durch die zunehmende Anwendung dezentraler Automatisierungssysteme. Der VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau bietet hierfür die Erzeugnissysteme *audatec* und GAA 5000 an [3.99, 3.100]. Das System *audatec* ist vor allem für die Mittel- und Großautomatisierung von Fließprozessen geeignet und in weiten Grenzen entsprechend den jeweiligen Anwendungsbedingungen durch den niveaugestuften Aufbau von autonomen Automatisierungseinrichtungen, Klein- und Großverbundanlagen modifizierbar. Das System GAA 5000 ist speziell für Aufgaben der Gebäudeautomation entwickelt worden. Applikationsunterlagen für beide Systeme wurden im Katalog Automation des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow aufgenommen [3.101].

Das dezentrale Automatisierungsanlagensystem *audatec* ist durch Verwendung einer modernen Basistechnologie charakterisiert, die durch die Verwendung hochintegrierter mikroelektronischer Schaltkreise und durch ein neues Anlagenaufbaukonzept gekennzeichnet ist. Es gestattet dem Anwender die weitgehende Befriedigung seiner gestiegenen Automatisierungsbedürfnisse, die infolge der verschärften Forderungen nach

- Einsparung von Baukosten
- Erhöhung der Produktqualität und -ausbeute bei Senkung des Rohstoff- und Energieverbrauchs
- hohe Verfügbarkeit und Flexibilität der Anlagen
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen des Anlagenpersonals

an die Grenze der Leistungsfähigkeit konventioneller Automatisierungsanlagen geführt haben.

Der Einsatz freiprogrammierbarer Mikrorechentechnik innerhalb eines konsequent modularen Konzepts der Hard- und Software und die damit verbundene drastische Reduzierung der Gerätevielfalt gegenüber konventionell strukturierten und instrumentierten Anlagen führen zu einer großen Flexibilität und Übersichtlichkeit des dezentralen Automatisierungssystems *audatec*. Durch Orientierung auf durchweg problemorientierte Handhabung der weitgehend unifizierten Hardware- und Softwaremodule wird dem Anwender die Beherrschung der neuen Technik erleichtert.

Aufbau, Funktion, Fertigung und Anwendung des Automatisierungsanlagensystems *audatec* sind am Beispiel der Einsatzvariante Verfahrenstechnik/Chemie in den Abschnitten 4., 5., 6. und 7. dieses Buches dargestellt.

Das System GAA 5000 des VEB Geräte- und Regler-Werke Leipzig ist hierarchisch aufgebaut und besitzt zwei intelligente, mit Mikroprozessoren ausgestattete Ebenen. Die Strukturkomponenten Leitzentrale und Unterstation sind durch ein seriell arbeitendes Datenübertragungssystem in stern- bzw. linienförmiger Anordnung verbunden. An eine Leitzentrale sind bis zu 16 Linien mit je bis zu 16 Unterstationen anschließbar (Bild 3.15).

An eine Unterstation können folgende Prozeßsignale angeschlossen werden:

32 Binäreingänge (potentialfreie Feldkontakte, Öffner/Schließer)
16 Binärausgänge (potentialfreie Wechsler in der Unterstation)
16 Analogeingänge (natürliche bzw. Einheitssignale, reduziert auf 14 Analogeingänge bei erhöhter Genauigkeit)
1 Analogausgang (Einheitssignal)
4 Zählwerteingänge (für aktive bzw. passive Geber).

Damit können in der GAA 5000 im Vollausbau mehr als 16 000 Prozeßsignale verarbeitet werden.

Der technologische Prozeß wird in der Unterstation in Form von Anlagen mit einem oder mehreren Datenpunkten abgebildet. In einem Datenpunkt werden technologisch zusammen-

gehörende analoge und binäre Prozeßsignale zusammengefaßt. Jedem Datenpunkt sind in der Unterstation ein oder mehrere analog-binäre Eingabe-Ausgabe-Tore zugeordnet. Diese Gliederung des technologischen Prozesses ermöglicht eine problemorientierte Adressierung und eine günstige Form der Kommunikation zwischen Operateur und Prozeß.

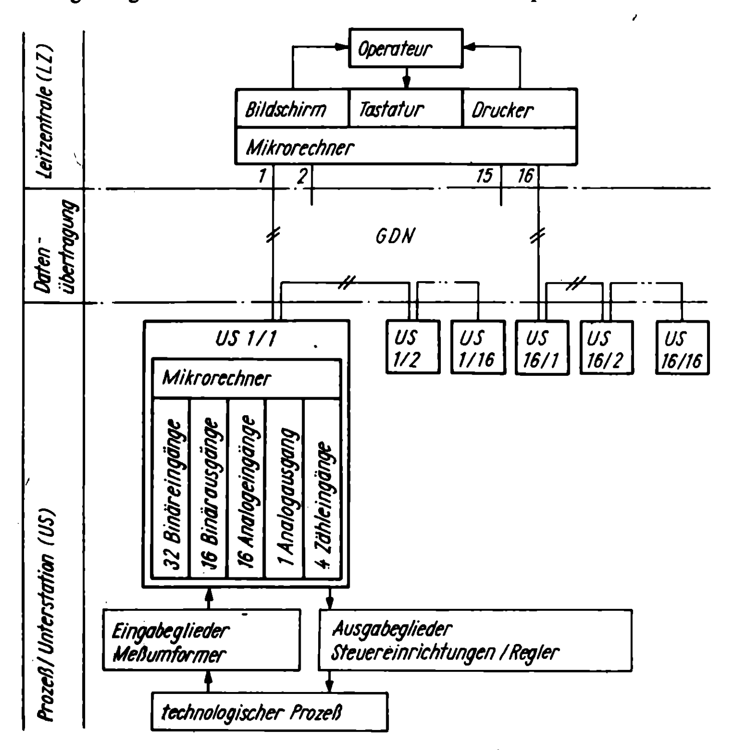


Bild 3.15. Anlagenkonfiguration Gebäudeautomation GAA 5000

US Unterstation; GDN Gleichstromdatenübertragung mit Niedrigpegeltastung

Die Unterstation befindet sich in unmittelbarer Nähe der technologischen Anlage. Als intelligente Informationserfassungs- und Verarbeitungseinheit besitzt sie alle Vorteile der dezentralen Automatisierung.

Folgende Aufgaben werden gelöst:

- Erfassung, Zwischenspeicherung und Auswertung der vom Prozeß übernommenen Informationen
- selbständige Ausführung von Steuer- und Regelaufgaben
- Bereitstellung von relevanten Informationen für die Leitzentrale
- Erkennung und Ausführung von Befehlen der Leitzentrale
- Systemlaufüberwachung.

Die Unterstationen sind mit der übergeordneten Leitzentrale über ein seriell arbeitendes Datenübertragungssystem verbunden. Als Übertragungsverfahren wird Gleichstromdatenübertragung mit Niedrigpegeltastung (GDN) eingesetzt. Die technischen Parameter entsprechen den Forderungen an die Gebäudeautomation.

Die Datenübertragung erfolgt byteweise mit Datensicherung (Fehlererkennung). Die Informationsübermittlung (Daten- und Kommandoverkehr) wird von der Leitzentrale gesteuert

und über ein Abfrageverfahren organisiert. In der Leitzentrale findet eine zentrale Erfassung und Verarbeitung der abgerufenen Informationen von den Unterstationen und in Abhängigkeit davon eine Koordination des Gesamtprozesses statt.

3.3.2. Einsatzvarianten

3.3.2.1. Technologische Linie Verfahrenstechnik/Chemie

Für die Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse in der chemischen Industrie kommt das Automatisierungsanlagensystem *audatec* in der Einsatzvariante Verfahrenstechnik/Chemie zur Anwendung [3.102 bis 3.105]. Den prinzipiellen Aufbau des Anlagenkonfigurators zeigt Bild 3.16. Die gerätetechnische Basis und die Funktionsweise des Automatisierungsanlagensystems *audatec* Verfahrenstechnik/Chemie werden im Abschn. 4. ausführlich beschrieben.

3.3.2.2. Technologische Linie Kraftwerke

Die Automatisierung von Kraftwerken kann mit *audatec*-Großverbundanlagen unter Verwendung im folgenden genannter Subsysteme und Einrichtungen erfolgen [3.106 bis 3.110]. Der Anlagenkonfigurator (Bild 3.17) gibt den Maximalausbau dieser Einsatzvariante wieder.

Informationssystem

- Basissteuereinheit-Meßwerterfassung
- freiprogrammierbare Basissteuereinheit
- Koppeleinheiten
- Pultsteuerrechner mit Tastatur und Farbdisplay
- Wartenrechner mit Farbdisplay und Bedientastatur
- Datenverarbeitungsperipherie
- konventionelle Anzeige-, Registrier- und Meldetechnik (für Auswahlfunktionen)

Regelsystem

- Basissteuereinheit-Meßwerterfassung und Regelung (mehrkanalig)
- Gerätesystem ursamar 4000, ursamar 5000 (einkanalig)
- freiprogrammierbare Basissteuereinheit

Steuersystem

- Baugruppensysteme ursalog 4000 und ursalog 5010
- programmierbare mehrkanalige Einheiten

Schutzsystem

Das Schutzsystem wird in konventioneller elektronischer Gerätetechnik realisiert.

3.3.2.3. Technologische Linie Warmwalzwerke

Die Einsatzvariante des Automatisierungsanlagensystems *audatec* für die Automatisierung von Walzwerken wird im Bild 3.18 gezeigt. In der dezentralen Informationsverarbeitungsebene werden für prozeßspezifische Aufgaben speicherprogrammierbare Einrichtungen und für antriebsspezifische Funktionen verdrahtungsprogrammierte TRANSRESCH-Steuerungen des Systems ursalog 4000/5000 vom Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke eingesetzt [3.111 bis 3.113].

Die Verbindung der Einrichtungen untereinander erfolgt dabei in der Regel über das bitserielle Bussystem, das von der Datenbahnsteuerstation koordiniert wird.

Bei Bedarf kann das Bussystem redundant vorgesehen werden. Zur Realisierung eines schnellen Datenaustausches zwischen zwei Basissteuereinheiten dient eine spezielle Variante des Bussystems, die Punkt-zu-Punkt-Verbindung.

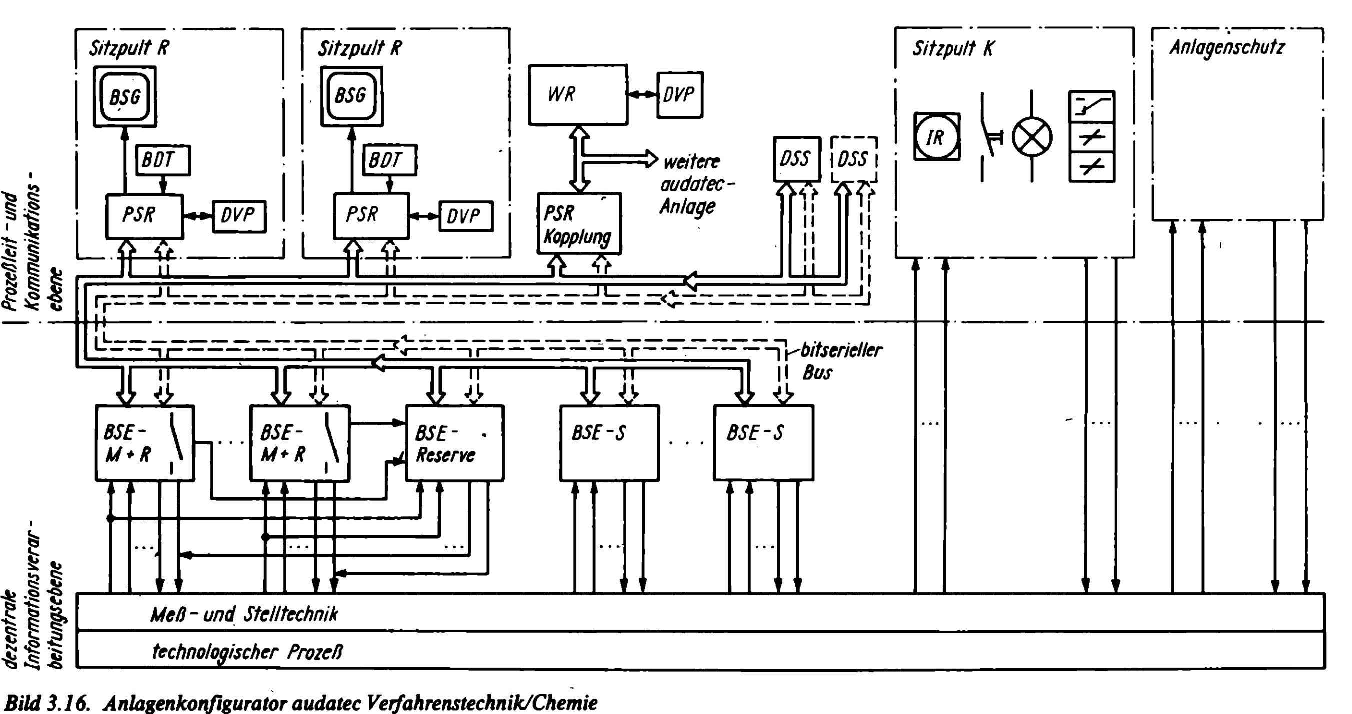


Bild 3.16. Anlagenkonfigurator audatec Verfahrenstechnik/Chemie

PSR Pultsteuerrechner; BSE–M+R Basissteuereinheit Meßwerterfassung und Regelung; BSE-S Basissteuereinheit Steuerung; DSS Datenbahnsteuerstation; WR Wartenrechner; BSG Farbmonitor; BDT Bedientastatur; DVP Datenverarbeitungsperipherie

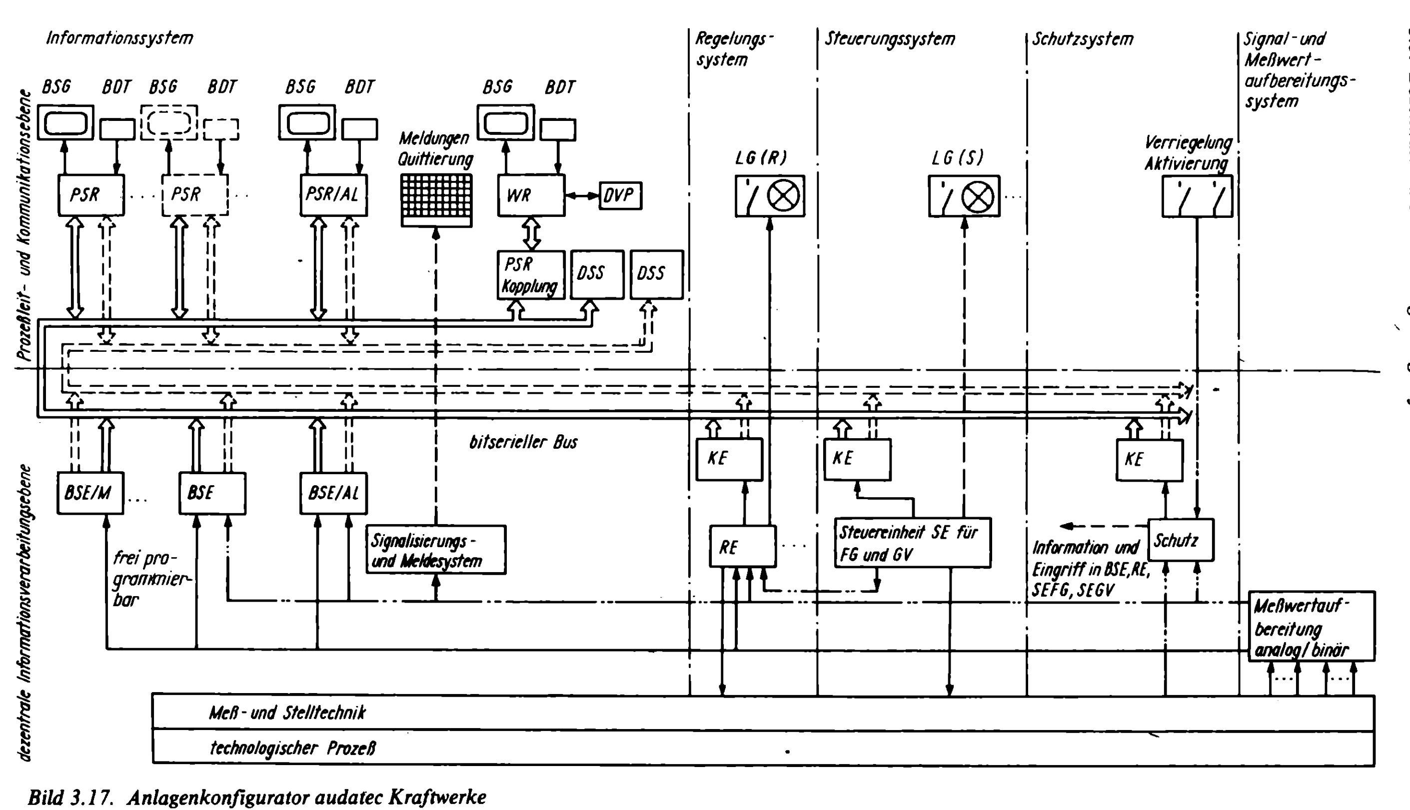


Bild 3.17. Anlagenkonfigurator audatec Kraftwerke

PSR Pultsteuerrechner; **BSE-M** Basissteuereinheit Meßwerterfassung; **BSE-AL** Basissteuereinheit für Alarmsystem; **PSR-AL** Pultsteuerrechner für Alarmsystem; **DSS** Datenbahnsteuerstation; **KE** Koppeleinheit; **WR** Wartenrechner; **FG** Funktionsgruppe; **GV** Grundverknüpfung; **SEFG** Steuereinheit Funktionsgruppe; **SEGV** Steuereinheit Grundverknüpfung; **RE** Regeleinrichtung (konventionell); **LG** Leitgerät; **BSG** Farbmonitor; **BDT** Bedientastatur; **DVP** Datenverarbeitungsperipherie

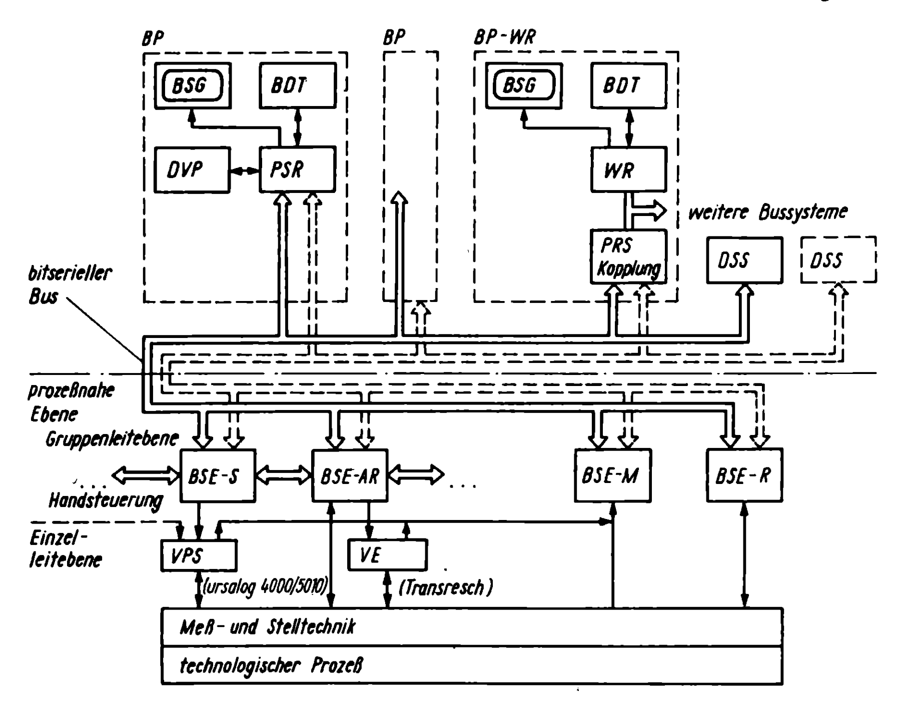


Bild 3.18. Anlagenkonfigurator audatec Warmwalzwerke

PSR Pultsteuerrechner; BSE-S Basissteuereinheit Steuerung; BSR-AR Basissteuereinheit Antriebsregelung; BSE-M Basissteuereinheit Meßwerterfassung; BSE-R Basissteuereinheit Regelung; WR Wartenrechner; VE Verarbeitungseinheit; VPS verdrahtungsprogrammierbare Steuerung; DVP Datenverarbeitungsperipherie; BDT Bedientastatur; BSG Farbmonitor; BP Bedienpult

3.3.2.4. Technologische Linie Tagebautechnik

Die Automatisierung der Tagebautechnik stellt stark von den obengenannten Einsatzfällen abweichende Anforderungen an die Automatisierungsanlage [3.114]. Die im Bild 3.19 dargestellte Einsatzvariante des Systems *audatec* ist gekennzeichnet durch die räumliche Gliederung in die Bereiche Baggerfahrerstand und E-Haus-Baggeroberbau.
Im Fahrerstand befinden sich folgende Einrichtungen:

- Pultsteuerrechner mit Farbdisplay und Bedientastatur
- Basissteuereinheit zur Organisation konventioneller Eingaben und Ausgaben in Form eines Leuchtschaltbilds
- Datenverarbeitungsperipherie.

Die Einrichtungen im E-Haus sind:

- Basissteuereinheit zur Realisierung von Steueraufgaben
- Basissteuereinheit zur Realisierung von Automatisierungsfunktionen.

Im E-Haus befindet sich der Diagnoseraum mit den Einrichtungen:

- Basissteuereinheit zur Erfassung und Auswertung
- Pultsteuerrechner für Kommunikationszwecke
- Datenverarbeitungsperipherie.

Diese Einrichtungen sind durch ein redundantes Bussystem miteinander verbunden. Die Organisation der Datenübertragung übernimmt die Datenbahnsteuerstation, die ebenfalls im E-Haus installiert ist.

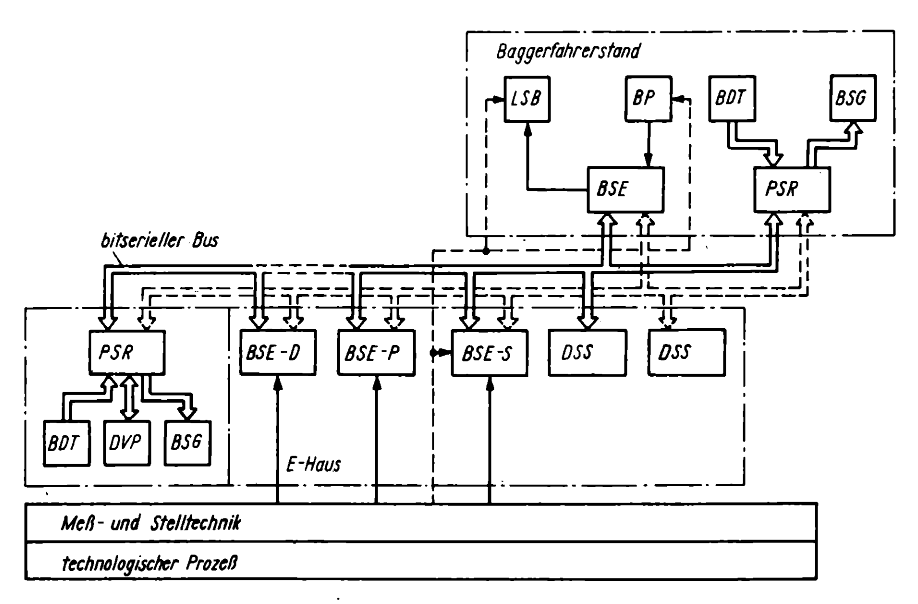


Bild 3.19. Anlagenkonfigurator audatec Tagebautechnik

PSR Pultsteuerrechner; DSS Datenbahnsteuerstation; BP Bedienpult; BDT Bedientastatur; BSG Farbmonitor; BSE Basissteuereinheit; BSE-S Basissteuereinheit Steuerung; BSE-P Basissteuereinheit Programmsteuerung; BSE-D Basissteuereinheit Diagnosesteuerung; LSB Leuchtschaltbild; DVP Datenverarbeitungsperipherie

4. Dezentrale Automatisierungsanlagen für verfahrenstechnische Prozesse

4.1. Anlagenaufbaukonzept

4.1.1. Merkmale

Dezentrale Automatisierungsanlagen werden durch eine Reihe von Systemmerkmalen gekennzeichnet, die von ihrer jeweiligen objektbezogenen Ausführungsform unabhängig sind und eine langfristige, stabile Generationsdauer gewährleisten. Diese Merkmale sind

- Digitalisierung der Informationsverarbeitung und Informationsübertragung, Anwendung eines einheitlichen Sortiments mikroelektronischer Schaltkreise und damit Nutzung der Vorteile der Halbleitertechniken
- Verwendung eines Mikrorechnerblocks in allen Einrichtungen, der aus einem einheitlichen Baugruppensortiment konfiguriert wird
- hierarchische Struktur der Automatisierungsanlage mit den funktionell und örtlich untergliederten Ebenen
  dezentrale Informationsverarbeitungsebene
  Prozeßleit- und Kommunikationsebene
  Betriebsleit- und Dispatcherebene
- Jeder Ebene sind aus einem einheitlichen Baugruppensortiment aufgebaute, mehrkanalige Einrichtungen für die Funktionskomplexe
  Messen, Regeln, Binärsteuerungen, Alarmüberwachung
  Datenübertragungsorganisation
  Prozeßüberwachung, -führung, Protokollieren
  Datensichern
  Unterstützung der Betriebsführung
  zugeordnet, die durch eine Datenbahn zur seriellen Informationsübertragung verbunden sind.
- Auf- und Abrüstbarkeit der Anlage bis zum Einsatz einer autonomen Automatisierungseinrichtung. Damit ist die Realisierung niveaugestufter Automatisierungslösungen, angepaßt an die technisch-ökonomischen Anforderungen der Gesamtanlage, gewährleistet.
- umfangreiches Sortiment an Softwarebausteinen, durch deren rechnerinterne Verschaltung unterschiedlichste funktionelle Automatisierungsanforderungen flexibel realisierbar oder Wiederhol- und Typenlösung rationell schaffbar sind. Die Softwarepakete sind „offen", d. h. im Rahmen der Rechnerkapazität durch Programmieren neuer Bausteine erweiterbar.
- Die Softwarepakete gewährleisten durch interne Eigenüberwachungsmaßnahmen und umfangreiche Labor- und Industrieerprobungen eine hohe Zuverlässigkeit und Robustheit.
- Die Verschaltung der Softwarebausteine ist mit der Automatisierungsanlage selbst änderbar und im Rahmen der konfigurierten Einrichtungsbaugruppen erweiterbar, so daß durch den Anwender eine flexible Anpassung der Automatisierungsfunktionen an geänderte technologische Anforderungen gegeben ist. Der Vorgang der Verschaltung und Kennwertbelegung von Softwarebausteinen wird im weiteren als *Strukturierung* bezeichnet.
- verbesserte Kommunikationsmöglichkeiten mit dem Prozeß und der Automatisierungsanlage selbst durch situationsbezogene Informationsaufbereitung, Dialogbetrieb mit Farbmonitoren und problemorientierten Bedientastaturen

- projektierbare Zuverlässigkeitsmaßnahmen durch strukturelle Redundanzen, Anwendung von Einrichtungen mit automatisch übernehmbaren Reservefunktionen und systemeigenen Hard- und Softwareüberwachungsfunktionen.

Für die Realisierung von Automatisierungslösungen stehen unterschiedliche Einrichtungstypen zur Verfügung, deren Kernstück ein Mikrorechnerblock auf der Basis eines einheitlichen Baugruppensortiments ist.

Dezentrale Informationsverarbeitungsebene

Basissteuereinheit (Bild 4.1). Die Basissteuereinheit ist eine mehrkanalige Einrichtung, mit der die Automatisierungsaufgaben

Meßwertverarbeitung	Binärsteuerungen
Regelungen	Alarmüberwachung

realisiert werden. Der Mikrorechnerblock wird ergänzt durch verschiedenartige Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen, mit denen Analog-, Binär- und Impulssignale erfaßt bzw. ausgegeben werden.

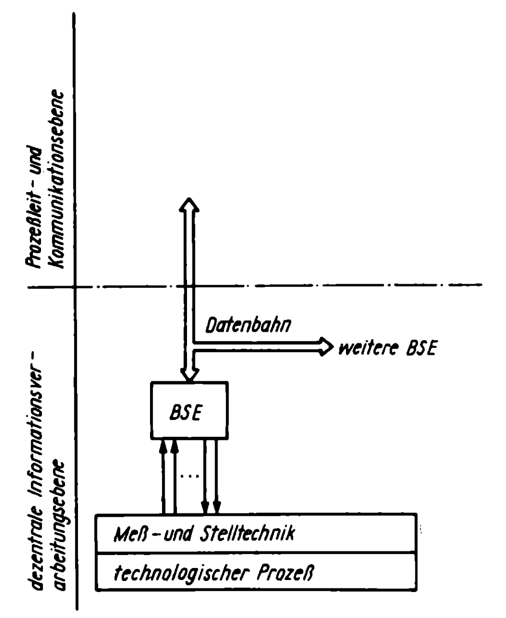


Bild 4.1. Stellung der Basissteuereinheit in der Anlagenhierarchie
BSE Basissteuereinheit

Reserve-Basissteuereinheit (Bild 4.2). Die Reserve-Basissteuereinheit ist eine Back-up-Einrichtung für eine Gruppe von Basissteuereinheiten. Bei Störungen einer Basissteuereinheit dieser Gruppe übernimmt sie automatisch wichtige, nicht unterbrechbare Meßwertverarbeitungs-, Regel-, Überwachungs- und logische Verarbeitungsfunktionen einer Basissteuereinheit. Basissteuereinheit und Reserve-Basissteuereinheit können unter Beachtung der vorgeschriebenen Einsatzbedingungen örtlich dezentral in der technologischen Anlage aufgestellt werden.

Prozeßleit- und Kommunikationsebene

Bedienpult (Bild 4.3). Das Bedienpult besteht aus den Komponenten

Pultsteuerrechner	
Farbmonitor	Drucker (wahlweise)
Bedientastatur	Kassettenmagnetbandgerät.

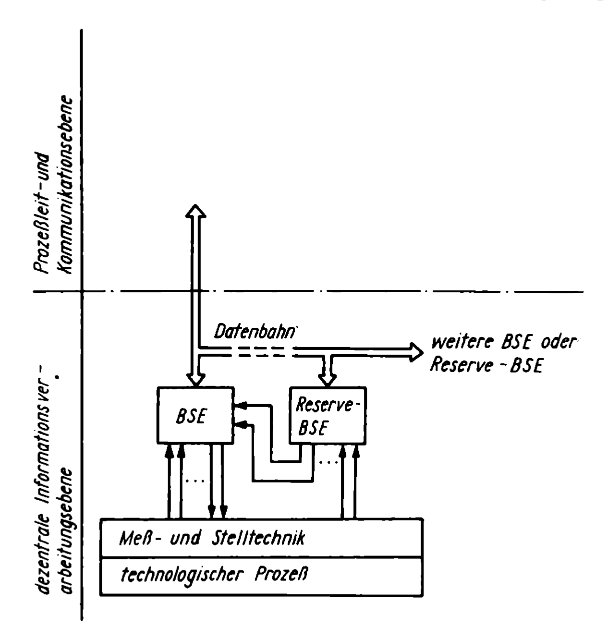


Bild 4.2. ***Stellung der Reserve-Basissteuereinheit in der Anlagenhierarchie***

BSE Basissteuereinheit; Reserve-BSE Reserve-Basissteuereinheit

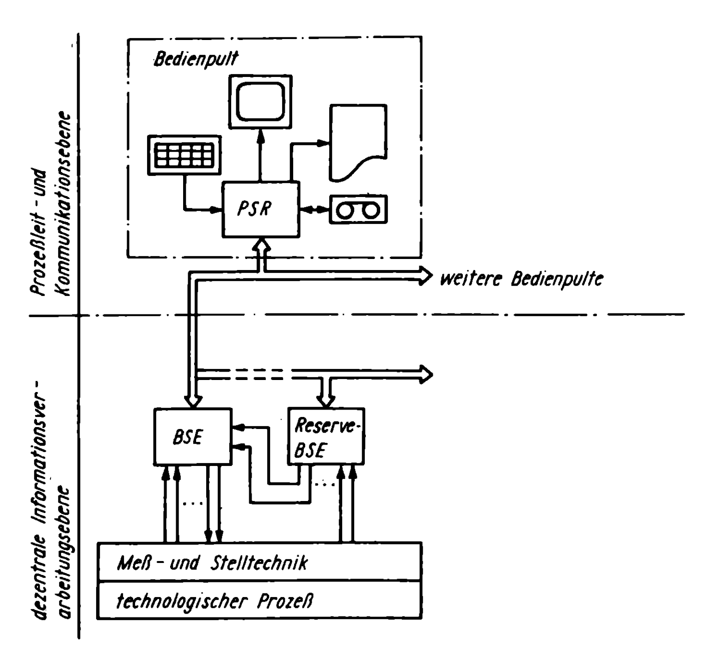


Bild 4.3. Stellung des Bedienpults in der Anlagenhierarchie

BSE Basissteuereinheit; PSR Pultsteuerrechner; Reserve-BSE Reserve-Basissteuereinheit

Das Bedienpult dient der Prozeßführung und -überwachung, zentraler Alarmierung, Protokollierung und bedarfsweiser Strukturierung von Verarbeitungsfunktionen in den Einrichtungen der Automatisierungsanlage.

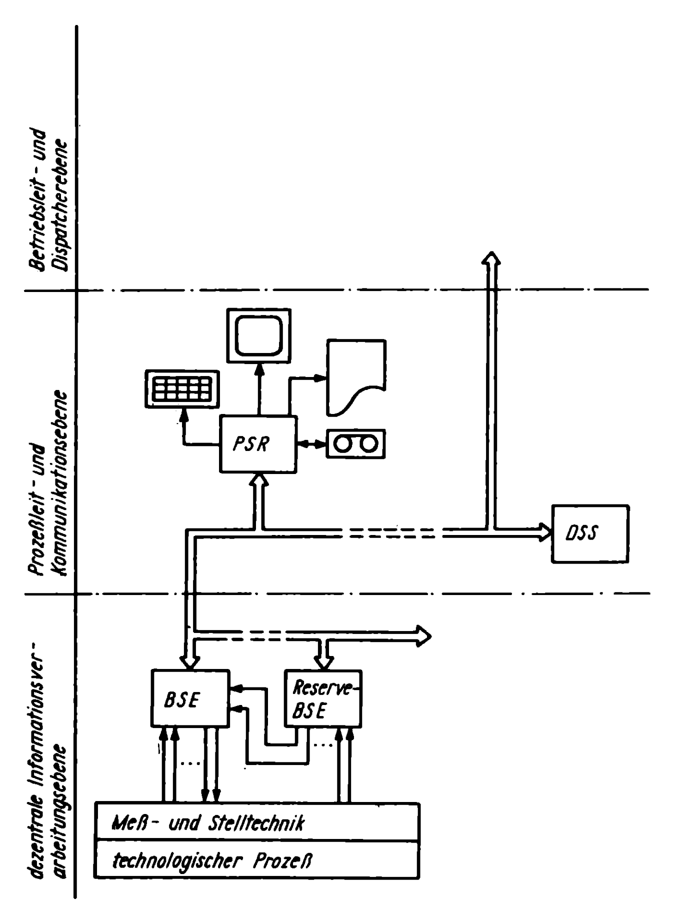


Bild 4.4. Stellung der Datenbahnsteuerstaion in der Anlagenhierarchie

BSE Basissteuereinheit; DSS Datenbahnsteuerstation; PSR Pultsteuerrechner; Reserve-BSE Reserve-Basissteuereinheit

Datenbahnsteuerstation (Bild 4.4). Die Datenbahnsteuerstation organisiert den Informationsfluß zwischen Bedienpulten, Basissteuereinheiten und Reserve-Basissteuereinheiten, in dem sie, nach Funktionsprioritäten gestuft, den Bedienpulten und den Reserve-Basissteuereinheiten für eine festgelegte Zeitscheibe die Datenbahnbenutzung für die Informationsübertragung mit den Basissteuereinheiten zur Verfügung stellt.

Betriebsleit- und Dispatcherebene

Wartenrechner (Bild 4.5). Der Wartenrechner ist ein freiprogrammierbarer Rechner, der für Aufgaben eingesetzt werden kann, die über die Leistungsfähigkeit von Pultsteuerrechner und Basissteuereinheit hinausgehen.

Wartenrechnerkoppeleinheit. Die Wartenrechnerkoppeleinheit wird für die Ankopplung des Wartenrechners an die serielle Datenbahn der Automatisierungsanlage eingesetzt. Sie koordiniert den Zugriff des Wartenrechners zu Informationen in den Basissteuereinheiten und zur Übertragung spezieller Bildinformationen an ein Bedienpult. Um den gesamten Bereich der Mittel- und Großautomatisierung abdecken zu können, sind mit diesen Einrichtungstypen folgende *Anlagenvarianten* aufbaubar:

autonome Automatisierungseinrichtung
Kleinverbundanlagen
Großverbundanlagen.

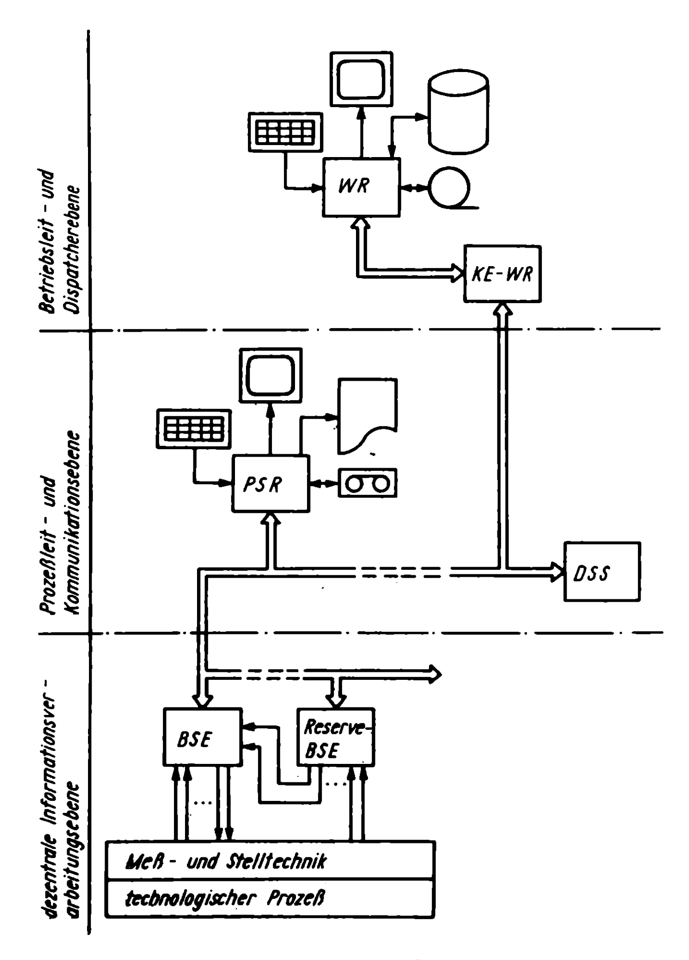


Bild 4.5. Stellung von Wartenrechner und Wartenrechnerkoppeleinheit in der Anlagenhierarchie
BSE Basissteuereinheit; DSS Datenbahnsteuerstation; KE-WR Wartenrechnerkoppeleinheit; PSR Pultsteuerrechner; Reserve-BSE Basissteuereinheit; WR Wartenrechner

4.1.2. Anlagenkonfiguration

4.1.2.1. Autonome Automatisierungseinrichtung

Die autonome Automatisierungseinrichtung dient zur Automatisierung technologischer Prozesse kleinen und mittleren Umfangs bis maximal 150 analoge Prozeßsignale.
Sie basiert auf dem Hardwareumfang einer Basissteuereinheit, die durch Modifikationen in der Hard- und Software die Prozeß- und Systembedienung ermöglicht. Der Einsatz erfolgt in zwei Ausrüstungsvarianten:

autonome Automatisierungseinrichtung mit konventioneller Parallelbedienung
autonome Automatisierungseinrichtung mit serieller Bedienung.

Bild 4.6 zeigt die Struktur der Einsatzformen.

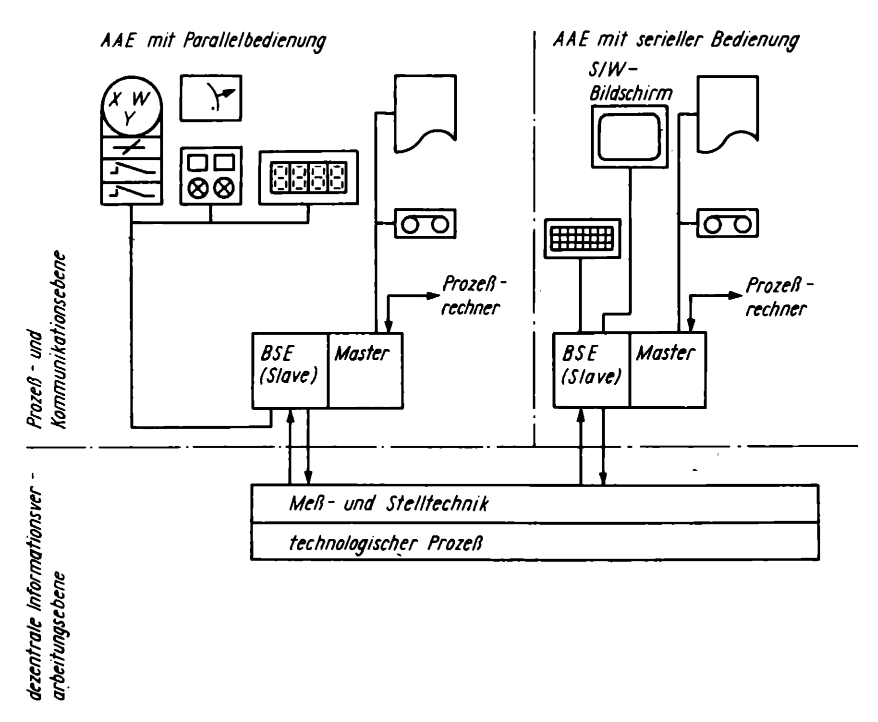


Bild 4.6. Strukturvarianten der autonomen Automatisierungseinrichtung
BSE Basissteuereinheit; AAE autonome Automatisierungseinrichtung

Für beide Varianten ist der Einsatz eines Masterrechners zur Einbindung von Kundenprogrammen und Datenverarbeitungsperipherie vorbereitet. Er besteht aus einem Mikrorechner K 1520, der zusätzlich im Gefäß der Basissteuereinheit installiert ist und die direkte Rechnerkopplung über Koppelbus zum eigentlichen Mikrorechner der Basissteuereinheit, der in diesem Fall Slave genannt wird, benutzt.

Autonome Automatisierungseinrichtung mit Parallelbedienung. Bei der autonomen Automatisierungseinrichtung mit Parallelbedienung wird die System- und Prozeßbedienung mit zusätzlichen Softwaremodulen abgesichert, die in das Standardbetriebssystem der Basissteuereinheit eingeordnet sind.

Die Prozeßbedienung erfolgt mit Leitgeräten, Bedien- und Meldebaugruppen und Ziffernanzeigen.

Diese konventionellen Bausteine werden über die Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Module der Basissteuereinheit angeschlossen und so schnell bearbeitet, daß der Anlagenfahrer wie bei der Analogtechnik bedienen kann. Zur Systembedienung wird der Kontrollmodul in Verbindung mit dem Tastatur- und Anzeigevorsatz eingesetzt. Er ist direkt innerhalb der Basissteuereinheit installiert und nur unterwiesenem Fachpersonal zugänglich.

Autonome Automatisierungseinrichtung mit serieller Bedienung. Durch Erweiterung der Basissteuereinheit mit Tastatur und Schwarzweißbildschirm und zusätzlichen Softwaremodulen erfolgt eine gruppenserielle Prozeßbedienung mit der Bildschirmtechnik. Die Systembedienung wird ebenfalls mit dieser Technik durchgeführt. Die Tastatur und der Bildschirm müssen dabei direkt neben der Basissteuereinheit aufgestellt werden. Zur Kommunikation stehen die Darstellungsarten

Übersichtsbild
Gruppenbild
Einzelbild

zur Verfügung. Jede der drei Darstellungsarten enthält an gleicher Stelle eine Alarmzeile, in der die Alarmmeldungen, nach Priorität geordnet, erscheinen. In der Kommunikationszeile, die für Gruppen- und Einzelbilder vorgesehen ist, hat man die Möglichkeit, Systemänderungen einzutragen (Statuszustände, Alarmgrenzen, Parameteränderungen u. a.). Bild 4.7 zeigt das Gruppenbild. Die Bedienhandlungen sind dabei angepaßt an die verschiedenen Kommunikationsblocktypen der Softwarelösungen der Basissteuereinheit. Für wichtige und häufige Bedienerhandlungen erfolgt eine Eingabe über Funktionstasten.

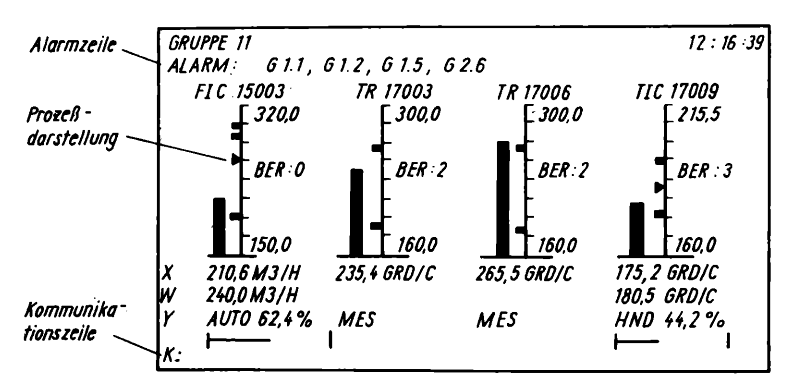


Bild 4.7. Gruppenbild der autonomen Automatisierungseinrichtung mit serieller Bedienung

X Istwert; *W* Sollwert; *Y* Stellwert; MES Messung; AUTO Automatik; HND Handbetrieb; BER Bereich; AAE autonome Automatisierungseinrichtung

4.1.2.2. Kleinverbundanlage

Die Kleinverbundanlage wird für die Automatisierung technologischer Prozesse mittleren Umfangs bis etwa 500 Meßstellen ohne hohe Redundanzanforderungen eingesetzt. Sie werden mit den Einrichtungen Bedienpult und Basissteuereinheit aufgebaut. Der Einsatz von Datenbahnsteuerstation, Reserve-Basissteuereinheit und Wartenrechneranschluß ist bei Kleinverbundanlagen nicht vorgesehen. Die Konfiguration ist in den Grenzen

min. { 1 Bedienpult
1 Basissteuereinheit

max. { 2 Bedienpulte
8 Basissteuereinheiten

variabel projektierbar. Je nach Bedarf können konventionelle Anzeige-, Registrier-, Befehls- und Meldegeräte parallel zu den obengenannten Einrichtungen in zum Bedienpult konstruktiv paßfähigen Gefäßen installiert werden. Bedienpulte und Basissteuereinheiten sind über die Datenbahn verbunden, über die die gesamte Informationsübertragung zwischen den Einrichtungen seriell mit hoher Übertragungsgeschwindigkeit erfolgt. Aus Sicherheitsgründen kann die Datenbahn redundant mit örtlich unterschiedlicher Kabelführung ausgelegt werden. Die Datenbahn gestattet eine örtliche Verteilung zwischen Bedienpulten und Basissteuereinheiten bis maximal 3 km Kabellänge. Damit ist die Kleinverbundanlage funktionell und örtlich in zwei Hierarchieebenen gegliedert: in die dezentrale Informationsverarbeitungsebene und in die Prozeßleit- und Kommunikationsebene (Bild 4.8).

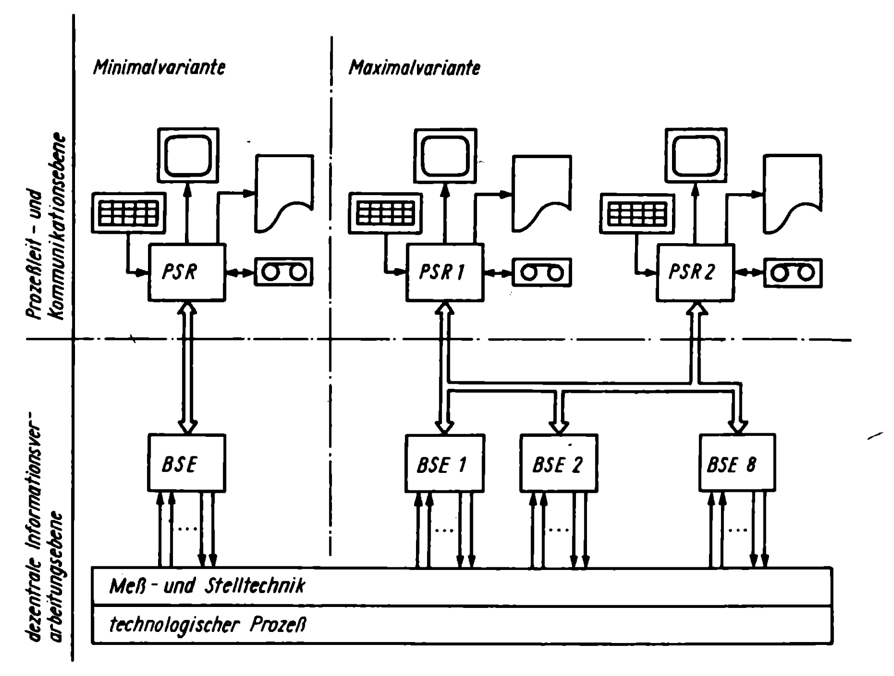


***Bild 4.8.** Anlagenkonfigurator Kleinverbund*
BSE Basissteuereinheit; PSR Pultsteuerrechner

Dezentrale Informationsverarbeitungsebene. Dieser Hierarchieebene sind die Basissteuereinheiten zugeordnet. Die wesentlichen Bestandteile einer Basissteuereinheit sind

Netzanschlußeinheit
Stromversorgungseinheit
Mikrorechnerblock
Baugruppen zur Prozeß-Eingabe/Ausgabe, Datenübertragung, Überwachung und Fehleranzeige
Signalanpaßbaugruppen
Lüfterbaugruppe
Gefäßanschlußebene,

die konstruktiv in einem Standardschrankgefäß angeordnet sind. Je nach Anforderungen des zu automatisierenden Prozesses bzw. Teilprozesses kann die Basissteuereinheit in ihrer Bestückung mit Prozeß-Eingabe/Ausgabe- und Anpaßbaugruppen im Rahmen ihrer zulässigen funktionellen und konstruktiven Leistungsfähigkeit konfiguriert werden. Mit der Basissteuereinheit wird die gemischte Verarbeitung der aufgeschalteten Analog-, Binär- und Impulssignale zu Meßwertaufbereitungs-, -überwachungs-, Regel- und Binärsteuerfunktionen realisiert. Die Zuordnung der Funktionen zu einer Basissteuereinheit ist variabel und wird anhand der konkreten Automatisierungsaufgaben projektiert. Diese Variabilität wird durch ein Paket von Standard-Softwarebausteinen für

Meßwertprimärverarbeitung
Überwachung
mathematische Funktionen
logische Verarbeitung
Regelungsalgorithmen
Stellwertausgaben
Hilfsfunktionen

erreicht, die als Firmware auf nichtflüchtigen Speicherbaugruppen abgelegt ist. Aus diesem Sortiment werden je Meßstelle die für die jeweilige Automatisierungsfunktion benötigten Programmbausteine *(Basissoftwaremodule)* ausgewählt und in ihrer Abarbeitungsreihenfolge miteinander durch rechnerinterne Verknüpfungslisten verkettet (Strukturierung). Die rechnerinternen Organisationsanweisungen der Verknüpfungslisten werden auf flüchtigen Lese/Schreib-Speichern abgelegt; damit ist die Basis für eine spätere Änderbarkeit der Verarbeitungsfunktionen einer Meßstelle gegeben. Jedes Basissoftwaremodul ist nur einmal im Speicher abgelegt, kann aber je nach Verarbeitungserfordernis beliebig oft aufgerufen werden. Die projektierten Automatisierungsaufgaben werden von der Basissteuereinheit autark bearbeitet, d. h., die Funktionen der Basissteuereinheit sind auch bei Unterbrechungen der Datenübertragung gewährleistet.

Bezogen auf die Datenbahn der Anlage ist die Basissteuereinheit eine passive Station, d. h., daß sie nicht von sich aus die zeitweilige Benutzung der Datenbahn anfordern kann. Die Basissteuereinheit wird vom Bedienpult in Abhängigkeit von der vom Anlagenfahrer durchgeführten Bedienhandlung und von der angewählten Informationsdarstellungsart auf dem Bildschirm zur Übergabe bzw. Übernahme der Daten aufgefordert. Ein Informationsaustausch zwischen Basissteuereinheiten ist nicht möglich.

Prozeßleit- und Kommunikationsebene. Dieser Hierarchieebene sind ein oder zwei Bedienpulte und Beistellgefäße für Datenverarbeitungsperipherie und Gefäße für konventionelle Anzeige- und Bedienbaugruppen zugeordnet. Die wesentlichen Bestandteile des Bedienpults sind

Netzanschlußeinheit
Stromversorgungseinheit
Mikrorechnerblock
Baugruppen zur Ansteuerung der Datenverarbeitungsperipherie, Bedientastatur, Bildschirmgerät und Datenübertragung, Überwachungsbaustein
Lüfterbaugruppe
Bedientastatur
quasigrafischer Farbmonitor
Kassettenmagnetbandgerät
Seriendrucker.

Die Gefäßtechnik ist auf die besonderen Belange der Prozeßführung mit Bedientastatur und Bildschirmanzeige ausgelegt. Es stehen verschiedene, zueinander paßfähige und reihbare Gefäße und Gefäßelemente zur vielfältigen Gestaltung von Sitzarbeitsplätzen zur Verfügung. Für das Bedienpult gibt es keine Möglichkeiten zur direkten Ein- oder Ausgabe von Prozeßsignalen. Mit den Basissteuereinheiten der dezentralen Informationsverarbeitungsebene ist es

über die Datenbahn verbunden. Der Pultsteuerrechner wird vorzugsweise in einigen Standardversionen angeboten, die sich untereinander in den Anschlußmöglichkeiten für Datenverarbeitungsperipherie, einfache oder redundante Datenbahn und Speicherkonfiguration unterscheiden.

Der Schwerpunkt der Prozeßführung durch den Anlagenfahrer liegt auf der Nutzung der Bedientastatur als Eingabegerät und des Farbmonitors als Ausgabegerät für jedes Bedienpult. Beim Einsatz von zwei Bedienpulten am Sitzarbeitsplatz hat der Anlagenfahrer die Möglichkeit, sich parallel unterschiedliche Informationen auf beiden Monitoren anzuwählen und damit die gleichzeitige Prozeßbeobachtung zu verbreitern. Beide Bedienpulte sind in ihrem Leistungsumfang voll redundant, so daß bei Störungen eines Bedienpults mit dem anderen Bedienpult der Prozeß ohne Funktionseinschränkungen weitergeführt werden kann. Die Bedientastatur hat einen Standardaufbau und besteht aus alphanumerischen und funktionsorientierten Tastenfeldern, die in ihrer Anordnung und Kennzeichnung der Bedienhäufigkeit, Bedienfolge und Bediensicherheit Rechnung tragen. Bildartenanwahl, Dialogbetrieb, Werteingaben und Prozeßeingriffe erfolgen über funktionsgebundene und numerische Tasten mit einem Minimum an Bedienhandlungen. Für die Informationsdarstellung auf dem Farbmonitor können vom Anlagenfahrer je nach Erfordernis des Prozeßzustands und des Informationsbedürfnisses in der Detailtiefe und Informationsbreite hierarchisch gestufte Bildarten angewählt werden. Der statische Aufbau der Bildarten, d. h. der Bildrahmen und die Bildaufteilung, sind standardisiert; die in diesen Rahmen einzuschreibenden dynamischen Prozeßinformationen werden zeitzyklisch aktualisiert. Der Anlagenfahrer hat damit die Möglichkeit, zwischen einem globalen Überblick über den Zustand von einer großen Menge von Prozeßgrößen bis zu detaillierten Angaben zu einer Meßstelle die für ihn bei einem aktuellen Prozeßzustand notwendige Informationsmenge gestuft auszuwählen und sich darauf zu konzentrieren. Die standardisierten Bildarten können im beschränkten Umfang objektbezogen durch einfache technologische Schemata ergänzt werden.

Für den Pultsteuerrechner steht ein Standardsoftwarepaket zur Verfügung, das als Firmware auf nichtflüchtigen Speicherbaugruppen abgelegt ist. Mit dieser Firmware werden folgende Funktionskomplexe realisiert:

Entschlüsselung und Auswertung der Tastaturbedienung
Aufbau und Aktualisierung der Bildschirmdarstellungen
Datenaustausch mit den Basissteuereinheiten

Tafel 4.1. Mensch-Anlage/Maschine-Kommunikation

Prozeßkommunikation	Systemkommunikation
Anwahl von	Anwahl von
Anlagenübersichten	Systemzuständen
Meßgruppen	Wörterbüchern
Meßstellen	Basismodultabellen
Alarmprotokollen	Verarbeitungsstrukturen
Fließbildern	Meßgruppenbelegungen
Trend	
Eingabe von	Eingabe von
Sollwerten	Parametern
Grenzwerten	Strukturieranweisungen
Betriebsarten	Meßgruppenzuordnungen
Stellwerten	Meßgruppenbezeichnungen
Meßbereichen	
Quittungen	

Alarmführung
Protokollausgabe über Seriendrucker
Überwachung des Status der Basissteuereinheiten und Eigenüberwachung
Inbetriebnahme der Anlage durch Einlesen und Übertragung flüchtiger Daten
Datensicherung bei Änderung von Verarbeitungsstrukturen.

Die gesamten Kommunikationsmöglichkeiten mit dem Bedienpult unterteilen sich in zwei Komplexe (Tafel 4.1): *Prozeßkommunikation* (Mensch-Anlage-Kommunikation). Darunter wird die Gesamtheit der Tätigkeiten des Menschen zur zentralen Überwachung und Beeinflussung des technologischen Prozesses verstanden.

Systemkommunikation (Mensch-Maschine-Kommunikation). Darunter wird die Gesamtheit der Tätigkeiten zur Kontrolle und zum Verändern von strukturierbaren Datenfeldern verstanden, die die Verarbeitungsfunktionen der Einrichtungen einer Automatisierungsanlage steuern. Entsprechende Bedienhandlungen sind für den Anlagenfahrer gesperrt und nur besonders ausgebildeten Systemtechnikern vorbehalten.

Das Bedienpult ist, bezogen auf die Datenbahn der Anlage, eine aktive Station. Da bei Kleinverbundanlagen keine Datenbahnsteuerstation eingesetzt wird, organisieren sich die beiden Bedienpulte die Benutzung der Datenbahn selbst, d. h., sie übergeben sich wechselseitig alle 1 s die Masterfunktion.

4.1.2.3. Großverbundanlage

Die Großverbundanlage wird für die Automatisierung technologischer Prozesse mittleren und großen Umfangs mit mehr als 500 Meßstellen bei erweiterten Anforderungen an die Prozeßleit- und Kommunikationsebene und Sicherheitsanforderungen eingesetzt. Diese erweiterten Anforderungen können z. B. beinhalten:

- Der Umfang an Meßstellenprimärverarbeitung, Regelkreisen, binären Steuerabläufen und Überwachung übersteigt die Leistungsfähigkeit von Kleinverbundanlagen.
- Die Anforderungen an die Prozeßüberwachung und -führung bezüglich parallel darzustellender Informationsmengen und -arten erfordern den Einsatz von mehr als zwei Bedienpulten.
- Für die Gewährleistung der Übersichtlichkeit der Prozeßüberwachung sind mehr als 4 bis 6 Fließbilder notwendig; die Sicherheitsanforderungen verlangen den Einsatz von Reserve-Basissteuereinheiten zur Gewährleistung eines störungsfreien Betreibens der Anlage bei Ausfällen von Basissteuereinheiten.
- Die betrieblichen Anforderungen verlangen den Einsatz von Einrichtungen der Betriebsleit- und Dispatcherebene.

Großverbundanlagen können mit sämtlichen Einrichtungstypen

Bedienpult
Basissteuereinheit
Reserve-Basissteuereinheit
Datenbahnsteuerstation
Wartenrechnerkoppeleinheit
Wartenrechner

aufgerüstet werden (Bild 4.9). Die Konfiguration einer Anlage wird anhand der jeweiligen Anforderungen eines konkreten Objekts zusammengestellt. Eine Begrenzung ergibt sich daraus, daß die Aufrüstung der Sitzarbeitsplätze (Fahrstand) aus bedientechnischen Gründen nur bis maximal vier Bedienpulten sinnvoll ist und die Datenbahn der Anlage eine Ankopplung von maximal 60 Stationen insgesamt zuläßt. Wie bei der Kleinverbundanlage können nach Bedarf konventionelle Anzeige-, Registrier-, Befehls- und Meldegeräte parallel installiert werden. Aufgrund der möglichen großen Anzahl aktiver Stationen am Anlagenbussystem wird die Benutzung der Datenbahn durch die Datenbahnsteuerstation organisiert und kontrolliert. Sowohl Datenbahnsteuerstation als auch Datenbahn werden aus Sicherheitsgründen redundant

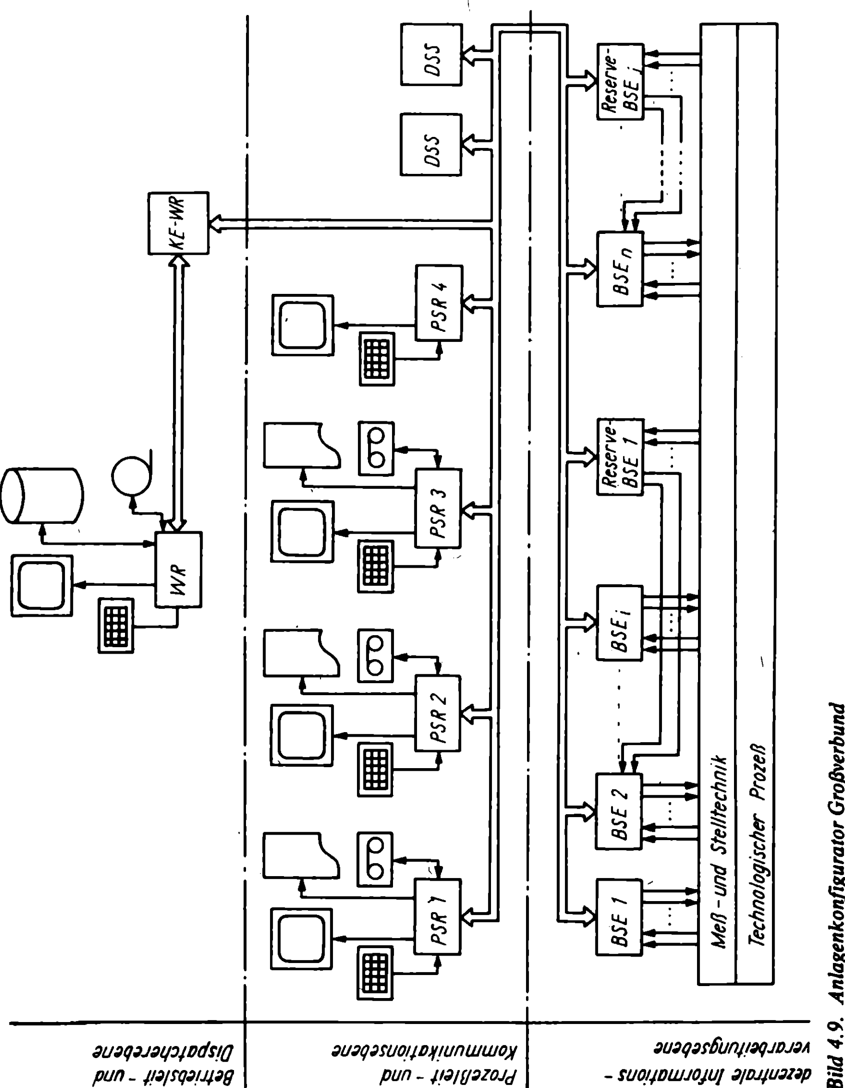


***Bild 4.9.** Anlagenkonfigurator Großverbund*

BSE Basissteuereinheit; **DSS** Datenbahnsteuerstation; **KE-WR** Wartenrechnerkoppeleinheit; **PSR** Pultsteuerrechner; **Reserve-BSE** Reserve-Basissteuereinheit; **WR** Wartenrechner

ausgelegt. Die Basissteuereinheiten sind, wie bei der Kleinverbundanlage, bis maximal 3 km Kabellänge örtlich von den Bedienpulten absetzbar. Durch die Anschlußmöglichkeit eines leistungsfähigen Kleinrechners (Wartenrechner) ergeben sich bei der Großverbundanlage funktionell und örtlich drei Hierarchieebenen:

dezentrale Informationsverarbeitungsebene
Prozeßleit- und Kommunikationsebene
Betriebsleit- und Dispatcherebene.

Dezentrale Informationsverarbeitungsebene. Dieser Hierarchieebene sind die Basissteuereinheiten und die Reserve-Basissteuereinheiten zugeordnet. Sowohl für Kleinverbundanlagen als auch für Großverbundanlagen kommt als Basissteuereinheit derselbe Einrichtungstyp zum Einsatz. Der Reserve-Basissteuereinheit sind in der Großverbundanlage folgende Aufgaben zugeordnet:

Bei schwerwiegenden Störungen einer Basissteuereinheit muß die Reserve-Basissteuereinheit automatisch deren Funktion bzw. die wichtigsten Teilfunktionen übernehmen. Dadurch kann eine hohe Sicherheit der Anlage projektiert werden. Jeder Reserve-Basissteuereinheit wird eine Gruppe von bis zu acht Basissteuereinheiten zugeordnet. Bei Ausfall einer Basissteuereinheit dieser Gruppe übernimmt nach einer Umschaltzeit von etwa 2 s die Reserve-Basissteuereinheit deren Funktionsanteile, wobei die Reserve-Basissteuereinheit nur jeweils eine Basissteuereinheit der Gruppe stützen kann; bei nachfolgendem Ausfall weiterer Basissteuereinheiten kann die Reserve-Basissteuereinheit deren Funktionen nicht noch zusätzlich absichern. Die Reserve-Basissteuereinheit kann sowohl Meßwertverarbeitungsfunktionen, Regelfunktionen und logische Verarbeitungsfunktionen ohne zeitliche Zustandsabhängigkeiten übernehmen. Es können die Gesamtfunktionen und/oder wichtige Teilfunktionen von Basissteuereinheiten gestützt werden. Die konkrete Anzahl einer der Reserve-Basissteuereinheit zugeordneten Basissteuereinheiten muß projektiert werden und richtet sich nach dem der Reserve-Basissteuereinheit übertragenen Gesamtfunktionsumfang, der durch die Anzahl der Steckplätze für Anpaß-, Analogeingabe- und -ausgabekarten und dem maximal möglichen RAM-Speicherplatz begrenzt wird. Bei acht Basissteuereinheiten kann die Reserve-Basissteuereinheit nur noch wichtige Teilfunktionen jeder Basissteuereinheit stützen. Die Reserve-Basissteuereinheit ist an der Datenbahn der Anlage eine aktive Station, d. h., sie erhält die zeitweilige Nutzung der Datenbahn zugeteilt, um ihre Daten durch Abfrage der Basissteuereinheiten zu aktualisieren. Bei der automatischen Umschaltung auf Reserve-Basissteuereinheit erhält der Anlagenfahrer eine Meldung; Meß- und Regelkreise unterliegen keiner Veränderung. Die Reserve-Basissteuereinheit besitzt ein umfangreiches Standardsoftwarepaket, das als Firmware auf den nichtflüchtigen Speicherbaugruppen abgelegt ist.

Prozeßleit- und Kommunikationsebene. Dieser Hierarchieebene sind die Bedienpulte und Datenbahnsteuerstationen zugeordnet. Bei Klein- und Großverbundanlagen wird als Bedienpult derselbe Einrichtungstyp eingesetzt. Im Unterschied zur Kleinverbundanlage kann bei der Großverbundanlage die Anzahl der Bedienpulte je Sitzarbeitsplatz erhöht werden, wobei aber die Installation einer Datenbahnsteuerstation zwingend erforderlich ist. In der Regel wird ein Sitzarbeitsplatz mit drei Bedienpulten als zentraler Fahrstand ausgerüstet sein, wobei zwei Bedienpulte für die unmittelbare Prozeßführung und ein Bedienpult für die ständige Alarmanzeige-, -kontrolle und -protokollierung genutzt werden. Alle drei Bedienpulte sind funktionell voll redundant, so daß bei Störungen von einem oder sogar von zwei Bedienpulten die Anlage mit verbleibenden Bedienpulten bei vollem Funktionsumfang betrieben werden kann und sich nur die Breite der gleichzeitig anzeigbaren Informationen reduziert und die Anzahl der seriellen Anwahlhandlungen steigt. Damit wird eine hohe Zuverlässigkeit in der Prozeßleit- und Kommunikationsebene erreicht. Dieser Fahrstand kann bedarfsweise komplettiert werden durch ein viertes Bedienpult, auf dem freie Bildschirmdarstellungen, z. B. technologische Fließbilder mit aktuellen Prozeßinformationen, die Mensch-Anlage-Kommunikation erweitern. Dieses Bedienpult kann auch für die Realisierung von objektspezifischen

Sonderfunktionen, die mit der Standardsoftware des Pultsteuerrechners nicht erfüllbar sind, eingesetzt werden. Dabei ist aber zu beachten, daß außer der eventuellen Nutzung eines Betriebssystemrumpfs alle derartigen Verarbeitungsfunktionen objektbezogen zu programmieren sind. Diese Ausrüstung eines Fahrstands stellt die Maximalkonfiguration dar und kann den Bedarfsanforderungen entsprechend abgerüstet werden.

Die Datenbahnsteuerstation ist einzusetzen, wenn mehr als zwei Bedienpulte installiert oder Reserve-Basissteuereinheiten angewendet werden sollen. Ihre wesentlichen Bestandteile sind

Netzanschlußeinheit
Stromversorgungseinheit
Mikrorechnerblock
Überwachungs-, Fehleranzeige-, Datenübertragungsbaugruppen
Lüfterbaugruppe.

Sie wird in einfacher oder redundanter Ausführung in einem Pultuntersatzgefäß angeordnet. Die Datenbahnsteuerstation ermittelt durch Abfrage der aktiven Stationen (d. h. der zur Benutzung der Datenbahn berechtigten Einrichtungen) den Bedarf zur Informationsübertragung und ordnet ihn nach Prioritäten. Die Dringlichkeitsstaffelung erfolgt nach Art der Anforderung. Die Station mit höchster Anforderungspriorität erhält für eine festgelegte Zeitscheibe (maximal zugebilligte Dauer der Datenbahnbenutzung) die Steuerfunktion (Master) für die Datenbahn zugeteilt. Nach Abarbeitung des Informationsaustausches gibt diese Station die Steuerfunktion an die Datenbahnsteuerstation zurück, die gemäß der Prioritätenlisten die Steuerfunktion an die Station mit der nächstfolgenden Anforderungspriorität weitergibt usw. Die Datenbahnsteuerstation kontrolliert die ordnungsgemäße Übernahme und Rückgabe der Masterfunktion und die Einhaltung der maximal zugebilligten Zeitscheibe zur Abwicklung der Informationsübertragung. Die Datenbahnsteuerstation überwacht außerdem den Status aller am Anlagenbus angeschlossenen Stationen und meldet sie an die Bedienpulte zwecks Anzeige auf Anwahl. Bei redundanter Auslegung überwachen sich beide Datenbahnsteuerstationen gegenseitig auf Funktionsfähigkeit; bei Störungen der einen übernimmt automatisch die jeweils andere die Steuerfunktionen.

Betriebsleit- und Dispatcherebene. Bestandteil dieser Hierarchieebene sind der Wartenrechner und die Wartenrechnerkoppeleinheit. Bei Großverbundanlagen kann wahlweise ein leistungsfähiger Kleinrechner der Familie Robotron K 1600 für Aufgaben eingesetzt werden, die über Automatisierungsanforderungen zur unmittelbaren Prozeßführung hinausgehen. Der Einsatz eines Wartenrechners wird von den betriebsspezifischen Belangen bestimmt. Deshalb wird für den Wartenrechner auch kein Standardsoftwarepaket bereitgestellt; die Verarbeitungsprogramme sind vorhabenbezogen unter Nutzung der vom Rechnerhersteller VEB Kombinat Robotron angebotenen Softwarehilfen und des Echtzeitbetriebssystems zu erarbeiten. Die Wartenrechnerkoppeleinheit realisiert die funktionelle und gerätetechnische Ankopplung des Wartenrechners an die Datenbahn der Automatisierungsanlage. Ihre wesentlichen Bestandteile sind

Netzanschlußeinheit
Stromversorgungseinheit
Mikrorechnerblock
Überwachungs-, Fehleranzeige-, Datenübertragungsbaugruppen
Lüfterbaugruppe.

Die Wartenrechnerkoppeleinheit wird konstruktiv im Pultuntersatzgefäß eingebaut. Sie ist zur Automatisierungsanlage hin an die einfach oder doppelt ausgelegte Datenbahn angekoppelt und zum Wartenrechner hin an die einfach ausgelegte serielle Datenbahn angeschlossen. Die Datenbahn zum Wartenrechner ist dasselbe Interface wie bei der Automatisierungsanlage, so daß der Wartenrechner maximal 3 km Kabellänge absetzbar sein kann. Die Wartenrechnerkoppeleinheit entkoppelt die zeitlichen und funktionellen Organisationsprinzipien der Automatisierungsanlage und des Wartenrechners. Sie fragt die vom Wartenrechner benötig-

ten Daten ereignisorientiert oder zeitzyklisch von den Basissteuereinheiten ab und puffert sie bis auf Abruf des Wartenrechners mit aktuellem Stand zwischen bzw. überträgt Informationen des Wartenrechners an die Basissteuereinheiten oder Bedienpulte. Sie ist damit bezüglich der Automatisierungsanlage eine aktive Station und taktet sich entsprechend in die von der Datenbahnsteuerstation bestimmten Organisationsprinzipien der Informationsübertragung ein. Vom Wartenrechner wird die Koppeleinheit ausschließlich als passive Station behandelt, d. h., sie wird zur Übergabe bzw. Übernahme von Informationen immer durch den Wartenrechner aufgefordert.

4.1.3. Informationsgewinnung und -nützung

4.1.3.1. Informationsgewinnung

Die Informationsgewinnung umfaßt den Bereich von der Erfassung der Meßgröße am technologischen Prozeß bis zur Aufschaltung auf die Prozeßeingabekarten der Basissteuereinheit. Für die Informationsgewinnung steht das Spektrum von Meßfühlern und Meßeinrichtungen des Erzeugnissystems ursamat und dessen kontinuierlicher Weiterentwicklung zur Verfügung. Die Prozeßeingabekarten der Basissteuereinheit gestatten die Aufschaltung der im System ursamat zugelassenen elektrischen Signalpegel, die weitgehend internationalen Vereinbarungen entsprechen:

analoge Signale: 0 bis 5 mA; 0 bis 20 mA; 4 bis 20 mA und 0 bis 10 V Gs. −10 bis 10 V Gs.
natürliche Signale
binäre Signale: 12 V; 24 V; 60 V Gs.

Damit ist die Erfassung der für Automatisierungsanlagen typischen Prozeßgrößen, wie Druck, Temperatur, Durchfluß, Füllstand, Analysenwerte, sowie binär-digitaler Signale gewährleistet. Die Zielstellung dieses Abschnitts besteht nicht in der technischen Beschreibung der vielfältigen Gerätetechnik der ursamat-Systemzweige Informationsgewinnung und -nutzung, die aus

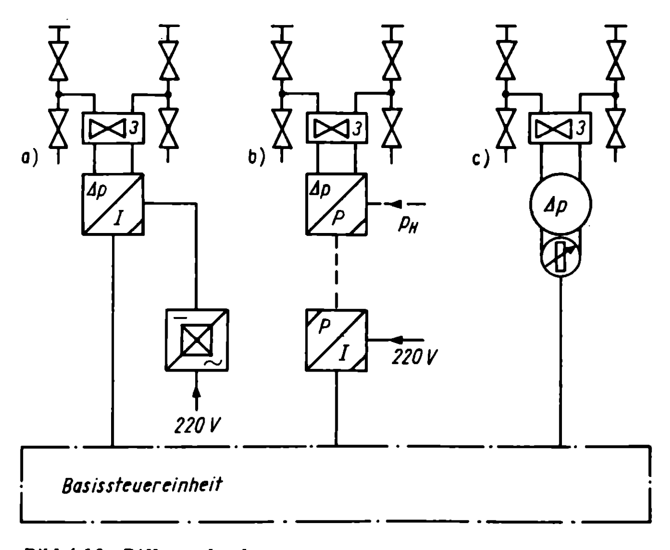


Bild 4.10. Differenzdruckmessung

a) elektrischer Differenzdruckmeßumformer; b) pneumatischer Differenzdruckmeßumformer mit Systemumformer; c) Differenzdruckmanometer mit Einfachwiderstandsferngeber

der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden kann, sondern in der Darlegung funktioneller Prinzipien der Ankopplung an die Basissteuereinheit. Die Darstellung erfolgt deshalb auch in Form eines Baugliedplans, da gerätetechnische Verschaltungen als Funktionsschaltpläne nur Gegenstand konkreter Projektbearbeitung sein können. Eine Variante der Informationsgewinnung ist am Beispiel der Differenzdruckmessung im Bild 4.10 dargestellt.

4.1.3.2. Informationsnutzung

Die Informationsnutzung umfaßt den Bereich von der Signalausgabe der Basissteuereinheit bis zum Stellglied am technologischen Prozeß. Als Stellantriebsklassen stehen zur Verfügung

elektrische Schub- und Hebelantriebe
Membranstellantriebe
elektrohydraulische Stellantriebe.

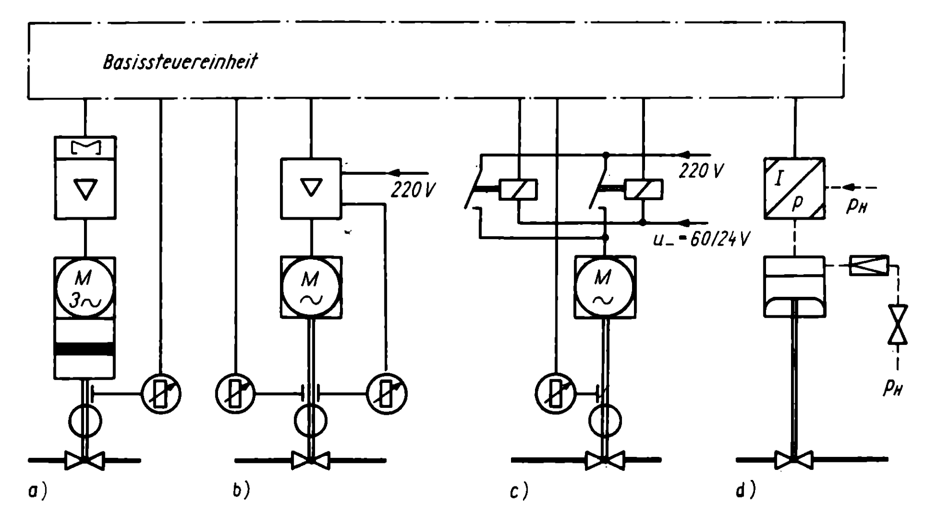


Bild 4.11. Stellgliedansteuerung

a) elektrohydraulisch; b) elektrischer Schubantrieb, stetige Ansteuerung; c) elektrischer Schubantrieb, unstetige Ansteuerung; d) Membranstellantrieb

Bild 4.11 zeigt die funktionellen Prinzipien der Stellgliedansteuerung durch die Basissteuereinheit. Für die Stellungsrückmeldung zur Anzeige auf dem Bildschirmgerät wird entweder direkt die intern berechnete Stellgröße der Basissteuereinheit genutzt oder der Stellgliedhub über Widerstandsferngeber von der Basissteuereinheit erfaßt und für die Informationsdarstellung aufbereitet. Hand/Automatik-Umschaltungen werden intern in der Basissteuereinheit realisiert; die Ausgabe der Stellsignale erfolgt bei beiden Betriebsarten über dieselben Ausgabekanäle. Erreichte Endlagen werden über Endlagenschalter der Basissteuereinheit gemeldet und ausgewertet (im Bild 4.11 nicht eingezeichnet).

4.1.4. Einrichtungsfunktionen

4.1.4.1. Basissteuereinheit

Die *Verarbeitungsfunktionen* der Basissteuereinheit werden durch ein einrichtungsspezifisches Betriebssystem realisiert, das aus den Teilkomplexen

Anlaufroutine
Steuerprogramm
Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Steuerung
Programmsortiment für Verarbeitungsfunktionen (Basismodule)
Unterprogramme, Hilfsprogramme, Datenbereitstellung, -verteilung, -übertragung
Eigenüberwachung

besteht. Das Betriebssystem ist in den EPROM-Speichern der Basissteuereinheit abgelegt. Durch objektabhängige Verknüpfung von Basissoftwaremodulen werden je Meßstelle Verarbeitungsketten gebildet, mit denen der für die jeweilige Meßstelle projektierte Verarbeitungsumfang abgearbeitet wird. Sämtliche dafür erforderlichen rechnerinternen Informationen sind in den RAM-Speichern abgelegt. Durch Änderung dieser Informationen über das Bedienpult sind während der Inbetriebsetzung und beim Dauerbetrieb der Anlage Verarbeitungsketten änderbar bzw. neu aufbaubar. Von zentraler Bedeutung für die Informationsübertragung zwischen Pultsteuerrechner und Basissteuereinheit und damit für die Anzeige und Bedienung von Prozeßsignalen sind die Kommunikationsstellen.
Eine *Kommunikationsstelle* ist der kleinste, durch eine MSR-Stellen-Nummer gekennzeichnete Bereich der Prozeßkommunikation. Eine Kommunikationsstelle wird Teilen der Automatisierungsfunktion zugeordnet, z. B.

Erfassung eines Meßwerts
Regelkreis

Typkennung
Startinformationen
Sammelmeldungen zum Zustand der Meßstelle
Betriebsart
Grenzwert 1
Grenzwert 2
Grenzwert 3
Grenzwert 4
Sollwert
Rückmeldung Stellglied
Stellwert
Istwert
Beschreibungsinformationen für die Bildschirmanzeige
Informationen zur Verarbeitungssteuerung

Bild 4.12. Beispiel eines Kommunikationsblocks

Antriebssteuerung
Aggregatsteuerung
Funktionsgruppensteuerung.

Alle Informationen, die zu einer Kommunikationsstelle zusammengefaßt werden, sind mit einer MSR-Stellen-Nummer aufrufbar. Eine Kommunikationsstelle wird softwaremäßig durch den Kommunikationsblock, der alle Informationen zur Prozeßüberwachung und -führung enthält (ein Beispiel zeigt Bild 4.12) und die zugehörige Verarbeitungskette im RAM-Speicher der Basissteuerstation gebildet. Bei der Anwahl von Kommunikationsstellen am Bedienpult wird der Inhalt der zugehörigen Kommunikationsblöcke durch den Pultsteuerrechner von den Basissteuerstationen angefordert, über die Datenbahn übertragen und im Pultsteuerrechner für die Bildschirmanzeige aufbereitet, angezeigt und zeitzyklisch durch Datenübertragung aktualisiert. Bei Bedienhandlungen, z. B. Sollwertveränderungen, Handfahrweise von Stellgliedern usw., werden die veränderten Werte an die Basissteuereinheit übertragen, in die zugehörigen Kommunikationsblöcke eingeschrieben und bei der Abarbeitung der Verarbeitungsketten entsprechend berücksichtigt. Für die Basissteuereinheit sind verschiedene Kommunikationsblocktypen definiert, die der unterschiedlichen Charakteristik von Bildschirmdarstellung und Bedienung analoger und binärer Größen, Regelkreise, Schalthandlungen/-meldungen und Steuerungen Rechnung tragen. Das Softwaresystem der Basissteuereinheit gestattet die Verwaltung von maximal 256 Kommunikationsblöcken.

Wesentliche Verarbeitungsfunktionen. An dieser Stelle soll ein Überblick über wesentliche Verarbeitungsfunktionen gebracht werden, wie sie typisch für Automatisierungsaufgaben in der Verfahrenstechnik sind und durch eine Basissteuereinheit realisiert werden. Sie werden in die Komplexe Meßwertverarbeitung, Regelungen und logische Verarbeitungsfunktionen eingeteilt.

Primärverarbeitung von Meßwerten. Ein typischer Ablauf der Behandlung von analogen Meßwerten ist die Primärverarbeitung, bei der in der Basissteuereinheit nachfolgende Teilaufgaben bearbeitet werden:

Normierung
Meßwertkorrektur
Meßwertglättung
Test auf technologische Sinnfälligkeit
Grenzwerttest
Fehlerbehandlung.

Diese Teilaufgaben sind ebenfalls Bestandteil jeder Verarbeitungsfunktion mit Regelaufgaben.

Regelungen. Für die Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse können durch entsprechende Strukturierung Regelkreise unterschiedlichen Kompliziertheitsgrads in den Basissteuereinheiten aufgebaut werden in Abhängigkeit von den Güteforderungen an die einzelnen Regelgrößen. Das regelungstechnische Konzept umfaßt unter Anwendung bekannter Strukturen folgende Regelkreistypen:

Einschleifiger Regelkreis. Er ist der Standardfall mit Sollwertvorgabe als Festwert (durch Bedienereingabe änderbar).

Regelkreis mit Störgrößenaufschaltung bzw. *mit Hilfsregelgröße*

Kaskadenregelung

Mehrschleifiger Regelkreis. Hierunter sind solche Regelungen zu verstehen, die über die Regelkreistypen mit Hilfsregelgröße und Kaskadenregelungen hinausgehen.

Rechnergeführte Regelung. Bei dieser Regelung erfolgt eine variable Sollwertvorgabe vom Wartenrechner.

Direkte Regelung durch Wartenrechner. Im Sinne des funktionellen Konzepts der neuen Automatisierungsanlagenstruktur wird bei dieser Regelungsart definiert, daß die Stellgröße vom Wartenrechner gebildet und über Datenübertragung in die Basissteuereinheit eingeschrieben wird. Grundlage für einen so ermittelten Stellwert sind neben dem zugehörigen Istwert andere

Hilfsgrößen der Regelstrecke bei der Notwendigkeit besonders komplizierter Abtastregelungsalgorithmen.

Die Regelstrukturen werden mittels quasianaloger Verarbeitungsfunktionen mit PID-Algorithmus realisiert, wobei eine Abrüstung der Reglerfunktionen durch eine entsprechende Parameterwahl möglich ist.

Die Regelungen können in den Betriebsarten

Automatikbetrieb (bei einschleifigen Kreisen)
Handbetrieb
Kaskadenschaltung
rechnergeführt
direkte Stellwertvorgabe

betrieben werden, wobei jedoch nur jeweils eine dieser Betriebsarten möglich ist. Die Stellwertausgabe erfolgt stetig oder unstetig durch entsprechende Basissoftwaremodule. Bei der stetigen Stellwertausgabe wird das Reglerausgangssignal in den Wertebereich des Digital/Analog-Umsetzers konvertiert und als Analogeinheitssignal ausgegeben. Bei unstetiger Stellwertausgabe wird das Reglerausgangssignal mit dem Rückführungssignal des Stellglieds verglichen und die Stellbefehle „Höher", „Tiefer" oder „Stop" als impulsbreitenmoduliertes Signal ausgegeben. Bei Betriebsartenwechsel des Regelkreises ist eine stoßfreie Umschaltung gewährleistet.

Logische Verarbeitungsfunktionen. Zur Realisierung logischer Verarbeitungsfunktionen und Binärsteuerungen steht ein leistungsfähiges Programmsortiment an Steuerbausteinen, Logikmodulen und Zeitbausteinen zur Verfügung. Dieses Sortiment beinhaltet die Funktionen

Bit- und Bytegrundlogik
Anzugs-, Abfallverzögerungen
Bit- und Byterangierung
binäre Primärverarbeitung
Schalter
Flipflopfunktionen
Steuerungsrahmen für Notation in problemorientierter Sprache
Vorwärts-Rückwärts-Zähler
problemorientierte Komplexfunktionen (Taktkette, Störmeldungsaufbereitung).

In der Basissteuereinheit können Meßwertverarbeitungs-, Regelungs- und logische Verarbeitungsfunktionen anteilig mischbar abgearbeitet werden.

Das Sortiment an Basissoftwaremodulen ist offen, d. h., es kann durch weitere Funktionen bei Bedarf ergänzt werden. Das gesamte Sortiment ist auf den EPROM-Speichern der Basissteuereinheit abgelegt, unabhängig davon, welche Basissoftwaremodule im konkreten Einsatzfall genutzt werden oder nicht.

In Abhängigkeit von der erforderlichen Genauigkeit der Daten und Parameter erfolgt die interne Verarbeitung mit den Datenformaten Festkomma einfacher und doppelter Genauigkeit und Gleitkomma unterschiedlicher Genauigkeit.

Analoge Größen werden softwaremäßig durch Grenzwerttest auf Alarme überwacht. Je Meßstelle sind maximal vier Grenzwerte definierbar: zwei Unterwerte und zwei Oberwerte. Für Prozeßalarmmeldungen können zwei Dringlichkeitsstufen festgelegt werden. In der Basissteuereinheit werden sowohl auftretende als auch gegangene Alarme registriert. Die Informationen werden blockweise in einem als zyklischen Speicher organisierten Alarmpuffer eingetragen. Der Alarmpuffer ist für 100 Alarmblöcke ausgelegt. Vom Pultsteuerrechner wird jede Sekunde die Basissteuereinheit zur Übertragung von bis zu 40 Alarmmeldungen bei einer Datenübertragung aufgefordert. Meldet die Basissteuereinheit dabei das Vorliegen von mehr als 40 Meldungen, wird in einer nachfolgenden Datenübertragung der Rest vom Pultsteuerrechner geholt. Die zeitliche Auflösung der Alarmerfassung ist abhängig vom gewählten Taktzyklus der Verarbeitungskette und kann minimal $^1/_3$ s im Grundtakt der Basissteuereinheit sein. Aufgrund der sekundenweisen Alarmabfrage werden am Bedienpult die Alarme aber nur mit

einer Zeitauflösung von 1 s angezeigt. Alle innerhalb einer Basissteuereinheit in 1 s evtl. erfaßten Alarme werden am Bedienpult derselben Sekundenzeitmarke zugewiesen.

In einem Trendspeicher der Basissteuereinheit können für maximal 31 Meßstellen je 60 Vergangenheitswerte der Istgröße abgelegt werden. Die Tastzeit kann je Meßstelle zwischen 1 s und 6 h als ganzzahliges Vielfaches des Grundtakts der Basissteuereinheit frei gewählt und auch während des Betriebs verändert werden.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, den angebotenen Standardfunktionsumfang objektbezogen durch Sonderfunktionen zu ergänzen, die dann gesondert als Anwenderprogramme wie Basissoftwaremodule zu programmieren und zu testen sind. Solche Sonderfunktionen können u. a. sein

Kenngrößenberechnungen für Material-, Rohstoff-, Energieeinsatz, Ausbeute, Produktionskennziffern, Lebensdauerbeanspruchung, Wartungszyklen, Alterung, Verschmutzung
An- und Abfahrunterstützungen von Anlagenteilen
spezielle Regelalgorithmen
Optimierungsalgorithmen
Echtzeitidentifikation.

Bei der Ergänzung von Sonderfunktionen sind im Detail die Schnittstellenfestlegungen der Software einzuhalten, die Organisationsprinzipien der Abarbeitung, die Datenformate und die zeitliche Einordnung zu beachten. Die Realisierbarkeit von Sonderfunktionen unter den gegebenen Randbedingungen der Basissteuereinheit und der Kommunikationsmöglichkeiten des Bedienpults ist vorher genauestens zu überprüfen.

Grundlage der Verarbeitungsorganisation. Bei Netzeinschaltung wird in der Basissteuereinheit eine Anlauftroutine gestartet, die definierte Anfangszustände für Programme und Verarbeitungsketten setzt, Zeitgeber- und Datenübertragungsbausteine initialisiert. Durch den Pultsteuerrechner werden die flüchtigen Daten für die Verarbeitungsstrukturen der Basissteuereinheit von einer Magnetbandkassette gelesen und an die Basissteuereinheit übertragen, die den RAM-Speicherbereich damit beschreibt (Off-line-Zustand). Danach wird die Basissteuereinheit mit einer Bedienhandlung über das Pult in den On-line-Zustand geschaltet. Da bei Neustart der Basissteuereinheit durch die Anlaufroutine sämtliche Meßstellenverarbeitungen auf „Aus" und die Regelkreise auf „Hand" geschaltet werden, muß durch Bedienhandlungen am Pult der Reihe nach meßstellenweise die Verarbeitung eingeschaltet, die Regelkreise eingestellt und auf „Automatik" geschaltet werden. Das Steuerprogramm ist linear und zeitzyklisch organisiert; mit einem Grundtakt von $^1/_3$ s werden Verarbeitungsketten gestartet und abgearbeitet. Außer dem Grundzyklus von $^1/_3$ s für die Abarbeitung von Verarbeitungsketten können zwei weitere Zyklen als ganzzahliges Vielfaches des Grundzyklus festgelegt werden. Bei der Aufteilung der Verarbeitungsketten auf die Zyklen ist darauf zu achten, daß der Rechenzeitbedarf aller Ketten eines Zyklus die für den Anwender verfügbare Zeit von 0,2 s nicht überschreitet.

Ein Beispiel zur Aufteilung von Verarbeitungsketten mit unterschiedlichen Tastzeiten wird im Bild 4.13 gezeigt. Zu Beginn des Grundzyklus wird vom Steuerprogramm die Erfassung aller an der Basissteuereinheit angeschlossenen Prozeßsignale gestartet, die als Rohwerte in einem Prozeßabbild abgelegt werden, und es wird die Ausgabe von Werten des vorhergehenden Zyklus durchgeführt. Danach werden meßstellenweise der Reihe nach die Verarbeitungsketten abgearbeitet, die entsprechend ihrer Zykluszeitfestlegung zu starten sind. Die in der jeweiligen Verarbeitungskette benötigten Basissoftwaremodule werden in der Reihenfolge ihrer projektierten Verbindung aufgerufen und verarbeiten die Rohwerte des Prozeßabbilds bzw. von vorgelagerten Basissoftwaremodulen gebildete Zwischenwerte entsprechend ihrer jeweiligen Funktion. Ausgabewerte werden wieder im Prozeßabbild abgelegt. Die vom Bedienpult zur Prozeßbeobachtung benötigten Daten werden in den Kommunikationsblöcken eingeschrieben. Am Ende jeder Kette erfolgt die Meßstellenstatusaufbereitung, erkannte Alarmmeldungen werden in den Alarmpuffer eingeschrieben. Bei Meßstellen mit Trendverfolgung

wird der Trendspeicher aktualisiert. Nach Abarbeitung aller Ketten werden Eigenüberwachungsroutinen abgearbeitet. Danach startet das Steuerprogramm den nächsten Zyklus wieder mit der Erfassung aller Prozeßeingabesignale usw.

Bild 4.13. Aufteilung von Verarbeitungsketten unterschiedlicher Tastzeiten auf die Grundzyklen
TAZT1 Tastzeit 1 mit Grundzykluslänge; TAZT2 Tastzeit 2 mit 2facher Grundzykluslänge; TAZT3 Tastzeit 3 mit 4facher Grundzykluslänge
1 Gesamtheit aller VK mit TAZT1
2.1. erster Teil aller VK mit TAZT2
2.2. zweiter Teil aller VK mit TAZT2
3.1. erster Teil aller VK mit TAZT3
3.2. zweiter Teil aller VK mit TAZT3
VK Verarbeitungskette; R Restzeit

Dieser lineare, zyklische Ablauf wird durch Datenübertragungsanforderungen unterbrochen. Die Unterbrechung erfolgt durch ein Interruptsignal, das nach Einlaufen von Übertragungstelegrammen in den Empfangspuffer der Basissteuereinheit ausgelöst wird. Mit Interruptbehandlungsroutinen wird die Art der Anforderungstelegramme analysiert. Bei Daten, die in die Basissteuereinheit einzuschreiben sind, erfolgt die Verteilung auf die entsprechenden internen Listen (z. B. Kommunikationsblock), und es wird eine formale Empfangsquittung an das Bedienpult ausgesendet. Bei Informationen, die das Pult benötigt, werden Daten aus dem Kommunikationsblock oder anderen Listen zu einem Telegramm im Sendepuffer zusammengestellt und bei der nächsten Anforderung ausgesendet. Nach Bearbeitung der Anforderungen zur Informationsübertragung wird der normale Programmabarbeitungszyklus fortgesetzt. Bild 4.14 zeigt das Prinzip dieser Verarbeitungsorganisation.

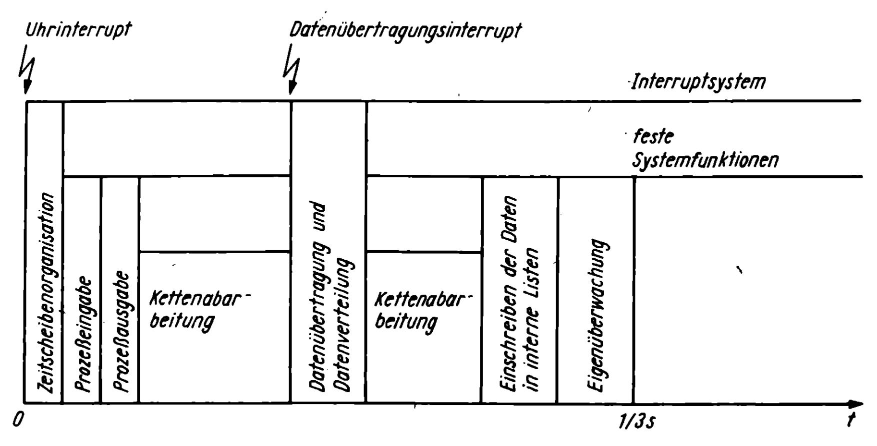


Bild 4.14. Prinzip der Verarbeitungsorganisation der Basissteuereinheit

4.1.4.2. Reserve-Basissteuereinheit

Die Reserve-Basissteuereinheit ist eine Einrichtung, die automatisch die Gesamt- oder Teilfunktionen einer Basissteuerstation bei deren Ausfall übernimmt. Der Reserve-Basissteuerstation werden prozeßseitig die den gestützten Verarbeitungsfunktionen zugeordneten Analog- und Binärsignale parallel zu den Basissteuereinheiten aufgeschaltet. Das kann erfolgen durch Verwendung von

Zweitmeßwertgeber
Doppelmeßwertgeber
Durchschleifen von Stromeinheitssignalen
passive Strom-Spannungs-Wandlung über externe Lastwiderstände.

Die Analogausgabebaugruppen der Basissteuereinheiten haben eine Torschaltung, die entweder das von der Basissteuereinheit gebildete Stellsignal oder ein extern vorgebbares Signal an den Prozeß durchschaltet. Dieses Tor schaltet auf externe Stellsignalvorgabe um bei

Ausfall der Versorgungsspannung der Analogausgabebaugruppe
Anregung durch Softwarebefehl
Anregung durch externes Binärsignal.

Die Möglichkeit der Durchschaltung externer Stellsignale über die Analogausgabekarten der Basissteuereinheit wird von der Reserve-Basissteuereinheit zur Stützung von Regelkreisen genutzt. Einem Analogausgabekanal der Reserve-Basissteuereinheit wird eine Analogausgabe jeder Basissteuereinheit der zu stützenden Gruppe zugeordnet. Das Ausgangssignal der Reserve-Basissteuereinheit wird über alle externen Signaleingänge dieser zugeordneten Ausgabekarten der Basissteuereinheiten geschleift (Bild 4. 15). Damit werden insgesamt für die Reserve-Basissteuereinheit nur soviel Analogausgabekarten benötigt, wie eine der Basissteuereinheiten in der Gruppe maximal besitzt. Dieses Verfahren zur Minimierung der Ausgabebaugruppen der Reserve-Basissteuereinheiten wird dadurch ermöglicht, daß die Reserve-Basissteuereinheit nur jeweils eine ausgefallene Basissteuereinheit aus der Gruppe ersetzen kann. Bei Ausfall bzw. Störungen einer Basissteuereinheit wird über ein Binärsignal aus der Reserve-Basissteuereinheit auf externen Signaleingang umgeschaltet und von der Reserve-Basissteuereinheit das Stellsignal über die Ausgabekarte der gestörten Basissteuereinheit auf den Signalwandler bzw. Verstärker des Stellorgans geschaltet. Die Reserve-Basissteuereinheit übernimmt dann alle vorgesehenen Teilfunktionen bzw. die Gesamtfunktion

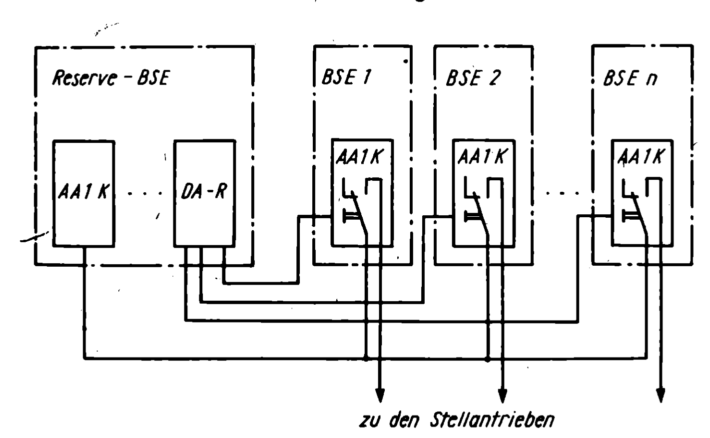


Bild 4.15. Prinzip der Mehrfachnutzung der Analogausgaben der Reserve-Basissteuereinheit

AA1K Analogausgabe einkanalig; BSE Basissteuereinheit; DA-R Digitalausgaberelais; Reserve-BSE Reserve-Basissteuereinheit

der gestörten Basissteuereinheit. Die Umschaltung benötigt eine Zeitspanne von etwa 2 s; Stellsignale werden bereits nach $^1/_3$ s ausgegeben. Nach Behebung der Störung erfolgt über Bedienhandlung am Pult die Rückschaltung auf die Basissteuereinheit, die automatisch anläuft. Die Reserve-Basissteuereinheit steht dann wieder zu Reservefunktionen bereit. Die Umschaltvorgänge erfolgen stoßfrei.

Von der Reserve-Basissteuereinheit können sowohl stetige als auch unstetige Stellsignale gebildet werden. Die Ausgabe unstetiger Stellsignale erfolgt über Binärausgaben der Reserve-Basissteuereinheit, die über Wechslerkontakte auf den Stellantrieb bzw. auf Zwischenrelais geschaltet sind. Im Normalfall wird über den Wechslerkontakt das unstetige Signal der Basissteuereinheit geschaltet. Eine Minimierung von Ausgabebaugruppen ist für diese Art der Stellsignalausgabe nicht möglich, die Reserve-Basissteuereinheit muß soviel Binärausgabekanäle haben wie in der gesamten Gruppe der Basissteuereinheiten vorhanden sind.

Die *Ausfallerkennung* wird in der Reserve-Basissteuereinheit auf zwei Arten durchgeführt:

über Ausfallmeldeleitung
über Datenübertragung zwischen den Basissteuereinheiten und der zugeordneten Reserve-Basissteuereinheit.

Die Ausfallmeldeleitung ist ein Binärsignal, das jede Basissteuereinheit auf die zugeordnete Reserve-Basissteuereinheit gibt. Im Normalzustand liegt das Signal auf 1-Pegel. Dieser Signalzustand wird durch die Eigenüberwachung in der Basissteuereinheit bestimmt. Treten Störungen auf, wird das Signal entweder auf 0-Pegel gesetzt oder fällt nach einer Zeitspanne von $^1/_3$ s bei ausbleibender Neuaktivierung von selbst ab. Die $^1/_0$-Flanke auf der Ausfallmeldeleitung löst in der Reserve-Basissteuereinheit einen Interrupt aus, der den Umschaltvorgang einleitet. Zusätzlich werden von der Reserve-Basissteuereinheit die Basissteuereinheiten über die Datenbahn zeitzyklisch angesprochen und der Inhalt einer Ausfallmerkzelle ausgewertet. Weist diese Information eine Störung in der Basissteuereinheit aus oder ist die Basissteuereinheit nicht mehr zur Datenübertragung fähig, erfolgt ebenfalls die Umschaltung auf die Reserve-Basissteuerstation.

In der Reserve-Basissteuereinheit sind alle die Verarbeitungsketten der Basissteuereinheiten strukturiert, deren unterbrechungsfreie Abarbeitung zu sichern ist. Da durch Bedienhandlungen Informationen in den Kommunikationsblöcken der Basissteuereinheiten verändert werden, auf die die Verarbeitungsketten bei ihrer Abarbeitung zugreifen bzw. die als Ergebnis des Verarbeitungszyklus gebildet werden, müssen diese Informationen auch in den entsprechenden Kommunikationsblöcken der Reserve-Basissteuereinheit aktualisiert werden. Je Meßstelle betrifft das folgende Informationen:

Alarmquittierung
Betriebsart
Grenzwerte
Sollwert
Stellwert
Beschreibungsinformationen für die Bildschirmanzeige.

Diese Daten werden zeitzyklisch von den Basissteuereinheiten durch die Reserve-Basissteuereinheit abgefordert; der kleinste Zyklus ist 1 s. Die Struktur der Verarbeitungsketten der Basissteuereinheit kann von der Reserve-Basissteuereinheit nicht überprüft werden. Änderungen der Verarbeitungsstrukturen der Basissteuereinheiten vom Bedienpult aus müssen daher ebenfalls bei der Reserve-Basissteuereinheit durchgeführt werden. Die Reserve-Basissteuereinheit ist eine aktive Station, um kurze Reaktionszeiten abzusichern und die Datenbahnbelastung zu reduzieren.

Die Zuordnung unterbrechungsfrei zu betreibender Verarbeitungsketten zur Reserve-Basissteuereinheit ist objektbezogen zu projektieren, da sie von den jeweiligen technologischen Sicherheitsanforderungen abhängt. Dabei sind im Zusammenhang nachfolgende Kriterien zu beachten, die die Leistungsfähigkeit der Reserve-Basissteuereinheit begrenzen:

- verfügbarer Speicherbereich (RAM) von 24 KByte
  maximal 256 Kommunikationsstellen insgesamt
- 28 verfügbare Steckplätze für Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen
  Unabhängig von der Anzahl der Basissteuereinheiten können maximal 20 Kommunikationsstellen in 1 s aktualisiert werden.
- Datenbahnbelastung unter Berücksichtigung der Aktualisierungszyklen
- Gesamtverdrahtungsaufwand zwischen Reserve-Basissteuereinheit und Basissteuereinheit.

In der Reserve-Basissteuereinheit ist derselbe Vorrat an Basissoftwaremodulen wie in der Basissteuereinheit abgespeichert. Damit verfügt die Reserve-Basissteuereinheit über denselben Verarbeitungsumfang wie die Basissteuereinheit mit Ausnahme komplexerer Funktionen von Binärsteuerungen. Darunter sind Funktionen zu verstehen, die in ihren Abläufen von Zeitbedingungen und/oder rechnerintern in unterschiedlichen Zeitscheiben gespeicherten Zwischenergebnissen abhängig sind, d. h., die Ein- und Ausgabe von Signalen erfolgt nicht geschlossen beim Durchlauf einer Verarbeitungskette in einer Zeitscheibe. Da die Reserve-Basissteuereinheit nicht zeitsynchron in heißer Redundanz zu den gestützten Basissteuereinheiten mitläuft, sondern erst im Störungsfall ihre Reservefunktion übernimmt, sind solche Funktionen wie Taktketten- oder Ablaufsteuerungen nicht mit ihr stützbar.

Für die Reserve-Basissteuereinheit gibt es die Betriebszustände:

Wartebetrieb. Die Reserve-Basissteuereinheit ist zur Umschaltung bereit. Es werden Daten aktualisiert und Zustände der Basissteuereinheiten kontrolliert.

Reservebetrieb. Die Reserve-Basissteuereinheit führt die Funktionen einer gestörten Basissteuereinheit aus.

Zwischen den Betriebszuständen gibt es die Übergangsphasen:

Umschaltung. Die Störung einer Basissteuereinheit wurde erkannt. In der Reserve-Basissteuereinheit laufen sämtliche Aktionen zur Übernahme der Funktionen ab; die Umschaltung wird durchgeführt.

Konfiguration. Verarbeitungsstrukturen bzw. Parameter werden vom Bedienpult aus in der Reserve-Basissteuereinheit verändert.

Rückschaltung. Auf Bedieneranweisung schaltet sich die Reserve-Basissteuereinheit vom Reservebetrieb in den Wartebetrieb zurück.

Grundlagen der Verarbeitungsorganisation. Nach Netzeinschaltung wird in der Reserve-Basissteuereinheit eine Anlaufroutine gestartet, die definierte Anfangszustände für Programme setzt und Zeitgeber- und Datenübertragungsbaustein initialisiert. Die Verarbeitungsfunktionen werden im Zyklus von 1 s durchlaufen, der in drei Zeitscheiben von $^1/_3$ s aufgeteilt ist. Jeder Zeitscheibe sind Programme mit fester Reihenfolge zugeordnet, die abhängig von ihrem Anmeldezustand bearbeitet oder übersprungen werden. In diesen Zeitscheiben werden im wesentlichen die Verarbeitungsfunktionen

Datenübertragungen zum Anfordern von Informationen der Kommunikationsblöcke
Verteilung dieser Informationen innerhalb der Reserve-Basissteuereinheit
Auswertung der Ausfallmerkzellen der Basissteuereinheit
Eigenüberwachung
bedarfsweise Umschaltung bzw. Rückschaltung

realisiert. Die Verarbeitungsorganisation der anderen Funktionen erfolgt im wesentlichen wie bei der Basissteuereinheit.

4.1.4.3. Bedienpult

Die wesentliche Aufgabe des Bedienpults ist die Gewährleistung einer flexiblen und übersichtlichen Mensch-Anlage-Kommunikation des Wartenpersonals (Prozeßkommunikation) bzw. Mensch-Maschine-Kommunikation des technischen Personals mit den Einrichtungen der Automatisierungsanlage (Systemkommunikation). Der Prozeßkommunikation liegt das Prinzip zugrunde, dem Anlagenfahrer wählbare Informationskomplexe verfügbar zu machen,

die nach dem „Fensterprinzip“ gestaffelt sind. Ausgehend von einer Darstellungsart auf dem Farbbildschirm, die gleichzeitig Informationen zu einer großen Menge von Meßstellen mit nur qualitativem Charakter darbietet, kann er sich stufenweise Prozeßdatenausschnitte anwählen, die im Meßstellenumfang abnehmen, aber in der Menge der Detailinformation ansteigen bis hin zu einer Einzelmeßstelle (Bild 4.16). Nach diesem Prinzip werden folgende Bildarten angeboten:

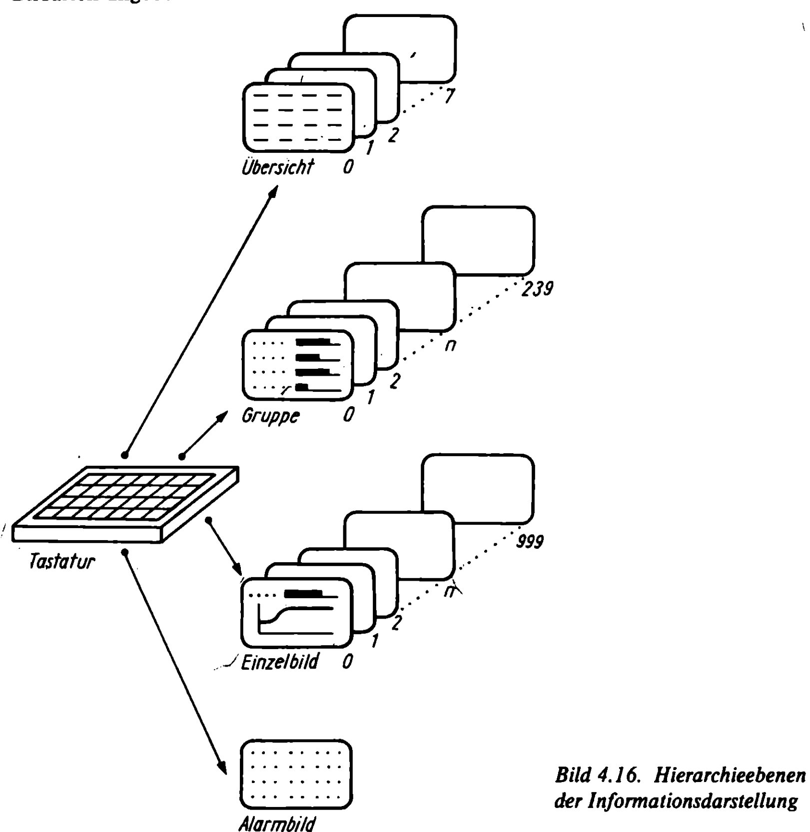


Bild 4.16. Hierarchieebenen der Informationsdarstellung

Übersichtsdarstellung. Mit dieser Bildart wird dem Anlagenfahrer ein schneller Überblick über den Prozeßzustand einer großen Menge von Kommunikationsstellen ermöglicht, die nach Gruppen geordnet sind. Je Kommunikationsstelle sind dieser Bildart folgende Informationen entnehmbar:

- positive oder negative Abweichung von Soll- bzw. Zielwert
- Alarmzustand einer oder mehrerer Meßstellen einer Gruppe, farblich nach Dringlichkeiten gestuft
- Gruppenbezeichnung
- Schaltzustand
- Betriebsart
- Störung der Datenübertragung.

Diese Darstellungsart auf dem Farbmonitor enthält keine quantitativen Aussagen, wie Meßwert-, Sollwert- oder Stellwertgröße. Sie dient dazu, dem Anlagenfahrer auf einen Blick über

den Zustand seiner Anlage bzw. Teilanlage zu informieren, ihn auf sich anbahnende bzw. bestehende Abweichungen vom Normalzustand in einer oder mehreren Meßstellengruppen aufmerksam zu machen und ihn zur Anwahl von Bildarten mit detaillierteren Informationen und entsprechender Prozeßbedienung zu veranlassen.

Gruppendarstellung. Diese Bildart mit den für sie zugelassenen Bedienhandlungen ist das Hauptkommunikationsmittel des Anlagenfahrers zur Prozeßführung. In jeder Gruppendarstellung wird er über sämtliche, unmittelbar zur Beurteilung des Prozeßzustands relevante Daten von bis zu acht Kommunikationsstellen informiert. Analoge und binäre Kommunikationsstellen sind in einer Gruppe beliebig mischbar. Die Zusammenfassung von Kommunikationsstellen zu Gruppen erfolgt in der Projektierungsphase auf der Basis der Aufgabenstellung des Auftraggebers, ist aber bei bestehender Anlage über das Bedienpult änderbar. Dabei können auch nach Bedarf Kommunikationsstellen mehreren Gruppen zugeordnet werden. Diese Bildart vermittelt je Kommunikationsstelle folgende Informationen:

technologische Kurzbezeichnung
Meßstellennummer
Betriebsart
Istwert, Sollwert, Stellwert als digitale Anzeige
Alarmsignalisation nach Dringlichkeit farblich gestuft, Kennzeichnung des Alarms
Zustand binärer Größen durch Farbleuchtfelder mit Kurzbezeichnung
quasianaloge Balkendarstellung analoger Kommunikationsstellen mit Kennzeichnung von Soll- und Grenzwerten.

In dieser Bildart ist über die Bedientastatur Dialogbetrieb möglich. Der Dialog ermöglicht folgende Handlungen:

Anwahl zusätzlicher Informationen, wie Anzeigebereich, Grenzwerte und Veränderung dieser Größen
Betriebsartenumschaltung, gezielte Ein- und Abschaltung von Meßstellen
Veränderung von Soll- und Stellwerten
Auslösung von Schalthandlungen binärer Größen
Alarmquittierung.

Einzeldarstellung. Diese Bildart bezieht sich nur auf eine Kommunikationsstelle und enthält die detailliertesten Informationen. Es werden sämtliche Informationen wie in der Gruppendarstellung angeboten. Zusätzlich sind die Daten enthalten, die in der Gruppendarstellung über Anwahlhandlungen erst angefordert werden müssen. Außerdem kann in dieser Bildart der Trendverlauf einer analogen Kommunikationsstelle angewählt werden, der als gestrichelte Kurve über einer Zeitachse dargestellt wird. In der Einzeldarstellung sind sämtliche Bedienhandlungen der Gruppendarstellung, zudem Bedienhandlungen zum Parametrieren und/oder Strukturieren der Verarbeitungskette möglich. Diese Bedienhandlungen sind über Schlüsseltaster verriegelbar und normalerweise dem Anlagenfahrer nicht zugänglich.

Alarmdarstellung. Bei dieser Bildart werden auf dem Farbmonitor Alarminformationen in Protokollform angezeigt:

Uhrzeit, zu der der Alarm gemeldet wurde, mit einer Auflösung von 1 s
Meßstellenbezeichnung
Alarmart
Gruppennummer, der die alarmierte Kommunikationsstelle zugeordnet ist.

Es werden sowohl aufgetretene als auch gelöschte Alarme protokolliert. Bei Großverbundanlagen ist zu beachten, daß wegen der Menge der zu beobachtenden und auszuwertenden Alarme ein Bedienpult nur für die Funktionen des Alarmrechners benutzt werden sollte. Bei Störungen dieses Alarmpults kann eines der anderen Bedienpulte auf die Alarmfunktion umgeschaltet werden; die bis dahin im Alarmpult geführte Alarmhistorie geht aber verloren und wird von dem Ersatzpult erst vom Zeitpunkt der Umschaltung neu aufgebaut.

Den bisher genannten Bildarten liegt ein jeweils fester Bildaufbau zugrunde, d. h., die Informationen zu jeder Kommunikationsstelle sind in ihrem Inhalt, ihrer Position auf dem

Bildschirm, den maximal benutzbaren Bildelementen, Darstellungsart und Farbgebung vorgeschrieben (statische Bildinformationen). Die dynamischen Prozeßinformationen werden zeitzyklisch auf ihren festgelegten Positionen aktualisiert. Nähere Ausführungen zur Kommunikation sind den Abschnitten 4.4. und 4.6. zu entnehmen.

Freie Bildschirmdarstellungen. Darunter werden alle Informationsdarstellungen auf dem Farbmonitor des Bedienpults verstanden, die keinen systematisierten Bildaufbau haben – vorrangig Fließbilder technologischer Teilanlagen mit eingeblendeten dynamischen Prozeßinformationen. Bei Anwendungen mit hohen Anforderungen bezüglich Anzahl und Bildaufbau der Fließbilder ist dafür ein gesondertes Bedienpult einzusetzen. Bei geringen Anforderungen sind Fließbilder ergänzbar zu den Bildarten mit systematischem Aufbau. Dabei sind die Begrenzungen zu beachten, die sich ergeben aus

Zeichenvorrat des verwendeten Symbolgenerators
verfügbarem Speicherplatz von etwa 4 KByte
Speicherbedarf für dynamische Informationen von jeweils 6 bis 10 Byte.

Bedingt durch den Symbolgenerator sind nur relativ einfache Fließbilder erzeugbar, die im wesentlichen auf der Verwendung von Linienelementen basieren. Trotz Anwendung eines speicherplatzoptimalen Verfahrens zur Erzeugung von freien Bildern sind i. allg. nur 4 bis 6 einfache Fließbilder ergänzbar.

Verarbeitungsfunktionen. Die Verarbeitungsfunktionen des Pultsteuerrechners werden durch ein einrichtungsspezifisches Betriebssystem realisiert, das auf EPROM-Speichern abgelegt ist und folgende wesentliche Bestandteile besitzt:

Steuerprogramm
Organisation der Informationsübertragung zur Datenverarbeitungsperipherie
Organisation der Datenübertragung zu den anderen Einrichtungen der Anlage
Eigenüberwachung
Verarbeitungsprogramme
Dienstprogramme
Unterprogramme.

Die projektabhängigen Listen zur Beschreibung der technologischen Anlage und der Einrichtungen der Automatisierungsanlage sind teilweise auf EPROM-, teilweise auf RAM-Speichern abgelegt. Der Pultsteuerrechner hat eine Verarbeitungsleistung von etwa 1000 Kommunikationsstellen bei Großverbundanlagen und etwa 500 Kommunkationsstellen bei Kleinverbundanlagen. Bei Betätigung der Tasten wird von der intelligenten Bedientastatur eine Kodeinformation gebildet und in einem Pufferspeicher abgelegt. Die Programmabarbeitung des Pultsteuerrechners wird durch Interrupt unterbrochen; der Kode wird gelesen und abgespeichert. Bei Bedienfehlern erfolgt eine Fehlerausschrift auf dem Bildschirm. Bei zulässiger Bedienfolge wird das jeweilige zugeordnete Verarbeitungsprogramm des Pultsteuerrechners zur Abarbeitung angemeldet. Die Verarbeitungsprogramme realisieren die unterschiedlichen Bildschirmanzeigen. Nach dem Start des jeweiligen Verarbeitungsprogramms werden einmalig sämtliche Daten zum Aufbau der statischen Bildinformationen bereitgestellt und die Datenübertragung vorbereitet. Nach Übergabe der Masterfunktion an den Pultsteuerrechner wird die Datenübertragung eingeleitet, und das Verarbeitungsprogramm geht in den Wartezustand. Mit der Datenübertragung werden die für das angewählte Bild benötigten Prozeßdaten und Informationen aus den jeweils zuständigen Basissteuereinheiten geholt und in einem Puffer abgelegt. Danach wird das Verarbeitungsprogramm fortgesetzt, die gepufferten Daten zur Anzeige aufbereitet, in die vorgesehenen Positionen des Bildwiederholspeichers eingeschrieben und auf dem Bildschirm angezeigt. Dieser Teil des Verarbeitungsprogramms wird zeitzyklisch zur Aktualisierung der Prozeßdaten durchlaufen, bis durch erneute Bedienhandlung die Anmeldung eines anderen Verarbeitungsprogramms bzw. die Neuanmeldung desselben mit anderen Anforderungen an Kommunikationsstellen erfolgt. Die Bedienung der Datenverarbeitungsperipheriegeräte wird mit speziellen Routinen realisiert. Für jeden Gerätetyp gibt es eine Bedienroutine mit den Funktionen

speicherweise Ein-/Ausgabe vom/zum Peripheriegerät
Geräteüberwachung
Mitteilung der Beendigung der Ein-/Ausgabe
Abbruch der Ein-/Ausgabe, wenn das veranlassende Programm abgemeldet wird.

Durch Interrupt wird die Fertigmeldung des Gerätes bezüglich Ausgabe bzw. Eingabe eines Zeichens/Speicherinhalts signalisiert. Der Aufruf der Gerätebedienroutinen erfolgt durch die Verarbeitungsprogramme über ein Unterprogramm, das der Parameterversorgung und dem Start der angeforderten Routine dient.

Neben diesen Hauptfunktionen laufen im Pultsteuerrechner noch Routinen zur Eigenüberwachung und Fehlerauswertung ab. Vom Pultsteuerrechner werden standardmäßig folgende Protokollierfunktionen über Seriendrucker realisiert:

Alarmprotokoll. Für die Störursachenermittlung und Dokumentation von Anlagenzuständen außerhalb des Normalbereichs werden alle auftretenden Alarme ausgedruckt.

Bedienprotokoll. Sämtliche Bedienhandlungen und deren Ergebnis, die einen Eingriff in die Automatisierungsanlage beinhalten (Veränderung von Parametern, Strukturierhandlungen), werden zur Nachweisführung protokolliert.

Hardcopy. Nach Bedieneranweisung wird die aktuell auf dem Bildschirm angezeigte Bildart auf dem Seriendrucker ausgegeben. Grafiksymbole und Farbkennzeichnungen, die nicht Bestandteil des Symbolgenerators des Druckers sind, werden durch Synonyme ersetzt. Für freie Bildschirmdarstellungen mit hohem Grafikanteil ist deshalb kein Hardcopy möglich.

Meßwertprotokolle. Im Pultsteuerrechner ist eine Rahmensteuerung enthalten, mit der projektbezogen programmierte Protokollausgaben für Meßwerte bzw. berechnete Kennwerte ermöglicht werden.

Trendlog. Der zeitliche Verlauf von maximal acht Meßstellen, die vom Anlagenfahrer auswählbar und zusammenstellbar sind, wird ausgedruckt.

Grundlagen der Verarbeitungsorganisation. Nach Zuschaltung der Netzspannung werden vom Kassettenmagnetbandgerät die flüchtigen, objektspezifischen Daten in den Pultsteuerrechner eingelesen; durch eine Anlaufroutine werden alle notwendigen Baugruppeninitialisierungen durchgeführt und definierte Anfangszustände für Programme und Daten eingestellt. Der Pultsteuerrechner geht in den Off-line-Zustand über. Tastaturbedienung, Eingabe/Ausgabe-Organisation, Eigenüberwachung und Datenübertragung sind gewährleistet. Durch Bedienhandlung wird der Pultsteuerrechner in den On-line-Zustand geschaltet und beginnt zeitzyklisch seine Verarbeitungsfunktionen.

4.1.4.4. Datenbahnsteuerstation

Die Datenbahnsteuerstation ist eine Einrichtung zur Steuerung der Informationsübertragung zwischen den Einrichtungen der Anlage. Sie muß gewährleisten, daß während einer Zeitscheibe stets nur eine Einrichtung in der Anlage die Steuerfunktion über die Datenbahn erhält und zum Senden von Informationen berechtigt ist. Die Berechtigung zur Übernahme der Steuerfunktion wird nur den Einrichtungstypen

Bedienpult
Reserve-Basiseinheit
Wartenrechnerkoppeleinheit

erteilt.

Die Entscheidung über die *Vergabe der Steuerfunktion* für eine begrenzte Zeitscheibe an eine Einrichtung wird anhand von Prioritäten gefällt. Die Prioritätenstufung ist nicht einrichtungs-, sondern funktionsorientiert. Damit ist die jeweils aktuelle Priorität einer Einrichtung abhängig von dem Funktionskomplex, der von ihr bearbeitet wird (z. B. angewählte Bildart beim Bedienpult). Es werden insgesamt 20 Prioritätenstufen unterschieden, wobei z. B. die Funktion „Alarmabfrage" eine höhere Priorität als „Funktionseinheitenstatus" besitzt. Die Datenbahnsteuerstation ermittelt maximal alle 500 ms durch Abfrage des Stationsstatus An-

forderungswünsche von Einrichtungen zur Übernahme der Steuerfunktion und deren Prioritätsstufe. Einer Einrichtung wird die Steuerfunktion für maximal 500 ms übergeben. Erfolgt in dieser Zeit keine Steuerfunktionsrückgabe, wird von der Datenbahnsteuerstation auf Störung gefolgert und die Steuerfunktion an die nächstpriorisierte Einrichtung übergeben. Nach Abbau der Prioritätentabelle werden von der Datenbahnsteuerstation erneut die Einrichtungen abgefragt.

Neben dieser Hauptfunktion zur Ermittlung und Vergabe der Datenbahnbenutzung und deren Überwachung wird von der Datenbahnsteuerstation noch die aktuelle Systemuhrzeit geführt und die Erfassung des Status sämtlicher an der Datenbahn angeschlossenen Einrichtungen realisiert. Die Datenbahnsteuerstation kann in einfacher oder redundanter Ausführung eingesetzt werden. Bei redundanter Auslegung überwachen sich beide Datenbahnsteuerstationen auf Funktionsfähigkeit. Es ist immer nur eine aktiv. Bei Störungen übernimmt die bis dahin passive Datenbahnsteuerstation die Funktionen. Die Funktionen der Datenbahnsteuerstation werden mit einem auf EPROM-Speichern abgelegten einrichtungsspezifischen Betriebssystem realisiert, das folgende wesentliche Bestandteile enthält:

Steuerprogramm
Stationsanlauf
Stationsabfrage
Mastervergabe
Uhrzeitsynchronisation
Datenbahnsteuerstation-Redundanz
Abbruch Datenbahnsteuerung
Eigenüberwachung

Grundlagen der Verarbeitungsorganisation. Nach Einschalten der Versorgungsspannung erfolgt zunächst der Stationsanlauf. Es werden definierte Programmanfangszustände hergestellt, Baugruppen initialisiert, Datenlisten auf definierte Anfangszustände gesetzt und projektbezogen strukturierte Daten überprüft. Danach wird der Stationsabfragezyklus gestartet. Es wird zwischen einem großen und einem kleinen Abfragezyklus unterschieden. Zunächst wird der große *Stationsabfragezyklus* gestartet, mit dem alle projektseitig vorgesehenen Einrichtungen an der Datenbahn entsprechend einer strukturierten Teilnehmerliste angesprochen werden, um die aktiven und evtl. abgeschalteten Einrichtungen zu ermitteln. Danach werden die kleinen Stationsabfragezyklen durchgeführt, mit denen Stations-, Datenbahnstatus und Priorität ermittelt werden. Weist der Einrichtungsstatus Funktionsstörungen aus, werden in der Datenbahnsteuerstation Alarmmeldungen aufgebaut, die vom alarmführenden Pultsteuerrechner zeitzyklisch ausgelesen und ausgewertet werden. Bei auftretenden Fehlern der Datenübertragung erfolgen mehrmalige Wiederholungsversuche. Kann keine ordnungsgemäße Datenübertragung zur Einrichtung hergestellt werden, wird sie als gestört ausgewiesen und aus den Abfragezyklen gestrichen. Kann die Datenbahnsteuerstation zu allen Einrichtungen keinen ordnungsgemäßen Kontakt herstellen, erfolgt die Umschaltung auf die Reserve-Datenbahnsteuerstation. Nach dem Abschluß eines kleinen Stationsabfragezyklus wird der *Mastervergabezyklus* gestartet. Die Übernahme der Masterfunktion wird durch eine „Mithörfunktion" der Datenbahnsteuerstation an der Datenbahn überwacht.

Nach jedem Mastervergabezyklus werden Uhrzeitsynchronisation, Aktualisierung der Datenlisten der Reserve-Datenbahnsteuerstation und Eigenüberwachung abgearbeitet. Nach Abarbeitung der Prioritätenliste wird der nächste Stationsabfragezyklus gestartet. Im Redundanzbetrieb sind beide Datenbahnsteuerstationen über den Koppel-PIO miteinander verbunden. Aktive und passive Datenbahnsteuerstationen werden bei der Projektierung festgelegt. Die aktive Datenbahnsteuerstation sendet über den Koppel-PIO Kontrollsignale an die passive Datenbahnsteuerstation. Die passive Datenbahnsteuerstation „hört" außerdem an der Datenbahn mit und kontrolliert die Arbeitsweise der aktiven Datenbahnsteuerstation. Wenn keine Datenübertragung mehr erfolgt und die Kontrollsignale ausbleiben, übernimmt die passive Datenbahnsteuerstation die Funktionen und wird selbst aktiv.

4.1.4.5. Wartenrechnerkoppeleinheit

Die Wartenrechnerkoppeleinheit hat die Aufgabe, den Zugriff des Wartenrechners zu den Informationen in den Kommunikationsblöcken der Basissteuereinheiten zu organisieren. Mit ihr wird gleichzeitig die Schnittstelle zur zeitlichen und funktionellen Entkopplung der Verarbeitungsorganisationen des Wartenrechners und der Automatisierungsanlage realisiert. Der Wartenrechner ist berechtigt, Daten aus den Basissteuereinheiten zu lesen und einzuschreiben sowie spezielle Bildinformationen an das Bedienpult zu senden. Damit ist die Voraussetzung gegeben, durch den Wartenrechner als übergeordneten Rechner das Regelkreisverhalten und Meßstellenkennwerte der Automatisierungsanlage zu führen. Die Koppeleinheit Wartenrechner steuert diesen Zugriff durch zwei Übertragungsarten:

ereignisorientiertes Lesen und Schreiben sowie
zyklisches Lesen von Daten.

Beim *ereignisorientierten Lesen und Schreiben* sind folgende Randbedingungen zu beachten:

Die Übertragungsart wird nur in größeren Zeitabständen angefordert und ist zeitunkritisch.
Der Wartenrechner darf jeweils nur aus einer Basissteuereinheit lesen oder einschreiben.
Die Anforderungstelegramme können nur bezüglich ihres formalen Aufbaus, nicht auf ihren Inhalt überwacht werden.

Bei dieser Übertragungsart wird vom Wartenrechner eine Anforderung an die Koppeleinheit gesendet. Das Telegramm enthält neben Rahmen- und Steuerinformationen die Nummer der Basissteuereinheit und Kennungen, von welchen Meßstellen welche Daten aus den Kommunikationsblöcken zu lesen ist bzw. welche Kennwerte mit den im Telegramm enthaltenen Daten neu zu beschreiben sind. Der Wartenrechner kann das ordnungsgemäße Einschreiben der Daten durch eine nachfolgende Rückleseanforderung kontrollieren. Die Wartenrechnerkoppeleinheit überprüft das Anforderungstelegramm auf formale Fehlerfreiheit und sendet eine Quittung. Im Fehlerfall wird eine Fehlermeldung an den Wartenrechner gesendet, und die Anforderung muß wiederholt werden. Die Wartenrechnerkoppeleinheit sendet den Telegrammteil mit den Informationen an die betreffende Basissteuereinheit aus, wenn sie von der Datenbahnsteuerstation die Masterfunktion übergeben bekommt. Bei angeforderten Lesedaten wartet die Wartenrechnerkoppeleinheit die Antwort von der angesprochenen Basissteuereinheit ab und speichert sie nach Überprüfung auf Übertragungsfehler zwischen. Das Vorliegen der Antwortdaten in der Koppeleinheit wird dem Wartenrechner auf Anfrage mitgeteilt; die Daten können dann ausgelesen werden.

Die Übertragungsart *zyklisches Lesen* wird von der Koppeleinheit durchgeführt, um dem Wartenrechner mit kleinen Zykluszeiten aktualisierte Daten aus den Kommunikationsblökken der Basissteuereinheiten bereitzustellen. Es sind insgesamt vier unterschiedliche Zyklen zugelassen; die zugeordneten Zykluszeiten sind Strukturierdaten und werden in der Projektierungsphase festgelegt. Die Anforderungen des Wartenrechners bezüglich zyklischer Datenaktualisierung werden der Wartenrechnerkoppeleinheit einmalig mit einem Anwahlstarttelegramm mitgeteilt. Ein Anwahlstarttelegramm enthält neben Rahmen- und Steuerinformationen den geforderten Aktualisierungszyklus und Kennungen, von welchen Meßstellen der Basissteuereinheit welche Daten bereitzustellen sind. Die Wartenrechnerkoppeleinheit sendet diese Informationen des Anwahlstarttelegramms an die betroffenen Basissteuereinheiten aus, die aus diesen Informationen interne Adreßblöcke aufbauen, mit denen ein schneller Zugriff auf die Daten für die nachfolgenden zyklischen Leseanforderungen gesichert wird.

Nach diesen vorbereitenden Aktivitäten fordert die Koppeleinheit nach Zuweisung der Masterfunktion mit den jeweiligen Aktualisierungszyklen die Daten der Reihe nach von jeder Basissteuereinheit ab und speichert sie geordnet nach Zyklus und Basissteuereinheit in einem Prozeßabbild zwischen. Die Uhrzeit für den gerade durchgeführten Zyklus wird eingetragen. Der Wartenrechner liest das Prozeßabbild zeitlich entkoppelt aus. Dieser Vorgang zur zyklischen Datenaktualisierung wird so lange wiederholt, bis vom Wartenrechner ein neues bzw.

geändertes Anwahlstarttelegramm übergeben wird. Dann wird wieder die Vorbereitungsphase wie oben beschrieben durchlaufen. Diese Funktionen der Koppeleinheit Wartenrechner werden ebenfalls mit einem einrichtungsspezifischen Betriebssystem auf EPROM-Speichern realisiert.

4.1.4.6. Wartenrechner

Wie schon im Abschnitt 4.1.2.3. ausgewiesen, wird der Wartenrechner für Aufgaben mit objektgebundenem Charakter eingesetzt. Beispiele für derartige Aufgabenkomplexe sind:
- Ermittlung von Kennwerten zur Optimierung der Prozeßführung der technologischen Anlage, Entscheidungshilfen für Anlagenfahrer
- Bilanzen zum Material-, Energieeinsatz, Produktionsausstoß usw.
- umfangreiche und vielfältige Protokollieraufgaben
- Berechnung von Kenngrößen und verdichteten Informationen, die aus Prozeßsignalen abgeleitet werden und der Betriebsführung auf Dispatcherebene dienen
- Registrierung und Auswertung von Störungsabläufen und zur Ursachenforschung, Fehlerbeseitigung und vorbeugende Instandhaltung
- Unterstützung des Anlagenfahrers bei der Prozeßführung von Anlagen mit unterschiedlichen Fahrweisen und/oder Produktlinien
- Unterstützung von An- und Abfahrvorgängen
- Langzeitarchivierung von Prozeßdaten.

Voraussetzung für die Wahrnehmung objektbezogener Verarbeitungsfunktionen des Wartenrechners ist der Zugriff auf Daten in den Einrichtungen der dezentralen Informationsverarbeitungsebene, die mit der Wartenrechnerkoppeleinheit gewährleistet wird. Vom Hersteller VEB Kombinat Robotron wird mit dem System K 1600 ein leistungsfähiges Sortiment an Baugruppen und Datenverarbeitungsperipheriegeräten angeboten, aus denen die jeweils erforderliche Konfiguration des Wartenrechners flexibel zusammengestellt werden kann.

4.1.5. Informationsübertragung

In Automatisierungsanlagen müssen Informationen ausgetauscht werden zwischen
- Prozeß und Automatisierungsanlage
- den Funktionseinrichtungen innerhalb der Automatisierungsanlage
- der Automatisierungsanlage und dem Menschen.

Gegenüber konventionellen Automatisierungsanlagen oder Prozeßrechnereinsätzen gibt es bei mikrorechnerorientierten Automatisierungsanlagen eine neue Qualität der Informationsübertragung, die die Maschine-Maschine-Kommunikation zwischen den rechentechnischen Einrichtungen absichert.

Der folgende Abschnitt beschränkt sich auf diesen Teil der Informationsübertragung, der im weiteren zur Unterscheidung vom obengenannten Gesamtumfang als Datenübertragung bezeichnet wird.

4.1.5.1. Randbedingungen der Datenübertragung

Die Datenbahn wird mit dem schnellen seriellen Zwischenblockinterface ZI in Linienstruktur realisiert. Der Anschluß an die Einrichtung erfolgt über die ursadat-Baugruppen Steuereinheit ZI-SE und Übertragungseinheit ZI-ÜE vom Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke (s. Abschn. 4.2.1.2.).

Die zwischen den Einrichtungen ausgetauschten Informationen werden in Telegramme gefaßt, deren Aufbau Bild 4.17 zeigt. Ein Telegramm enthält neben der Adresse der sendenden Station S und der empfangenden Station E den Funktionskode FC, in dem die Funktion des

Telegramms innerhalb der Maschine-Maschine-Kommunikation verschlüsselt ist. Das Längenbyte L gibt die Anzahl der im Telegramm übertragenen Datenbytes D an. Zur Kodesicherung des Telegramms dienen die Kotrollbytes K. Sie werden in der Steuereinheit des Senders mit dem Erzeugerpolinom $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ gebildet und übertragen. Die Steuereinheit der Empfangsstation bildet diese auch als CRC-Prüfsumme bezeichneten Kotrollbytes gleichfalls und überprüft sie mit den im Telegramm enthaltenen Kontrollbytes.

Format 1 (Kurztelegramm)

E	FC	S	K	K

Format 2

E	FC	S	L	D	---	D	K	K

Bild 4.17. Telegrammaufbau
E Stationsadresse Empfänger;
FC Funktionskode;
S Stationsadresse Sender;
L Länge Datenteil;
D Datenbytes; K Kodesicherung

Bezogen auf die Datenübertragung werden die an der Datenbahn angeschlossenen Einrichtungen als Stationen bezeichnet. Man unterscheidet die drei *Stationstypen*

Buszentrale
Master
Slave.

Die Funktion der Buszentrale wird durch die Datenbahnsteuerstation wahrgenommen. Sie übt die zentralen Steuer- und Überwachungsfunktionen für den Ablauf der Datenübertragung aus. Ein Master erhält von der Datenbahnsteuerstation für einen begrenzten Zeitraum die Bussteuerfunktion. Er kann dann unter eigener Regie und Überwachung mit allen anderen Stationen Daten austauschen. Er gibt die Bussteuerfunktion danach an die Buszentrale zurück. Ein Slave arbeitet als passive Station, d. h., er muß antworten, wenn er durch den aktuellen Master aufgerufen wird.

4.1.5.2. Prozeduren der Datenübertragung

Die Datenübertragung ist in Prozeduren organisiert. Diese legen die Folge von Stationsaufruf (Telegramm Master an Slave) und Stationsantwort (Telegramm Slave an Master) fest. Die Telegramme, die nur zum Zweck der Überwachung und Koordinierung der Datenbahn übertragen werden, sind in Organisationsprozeduren festgelegt (Tafel 4.2). Die Übertragung der für

Tafel 4.2. Organisationsprozeduren

	Telegrammart	Funktionskode	Telegrammformat	Telegramminhalt/Funktion
Stationsabfrage	Aufruf	21H	1	Aufforderung zur Übertragung des Stationsstatus
	Antwort	24H	2	Stationsstatus (feste Datenstruktur)
Busübergabe	Aufruf	0A1H	1	Übergabe der Bussteuerfunktion
	Antwort	–	–	keine spezielle, als Antwort wird der erste Stationsaufruf der angesprochenen Station gewertet
Busrückgabe	Aufruf	61H	1	Rückgabe der Bussteuerfunktion an die Zentrale (DSS)
	Antwort	–	–	keine

andere Systemfunktionen notwendigen Daten erfolgt in Übertragungsprozeduren (Tafel 4.3). Mit Ausnahme der Sammeladressierung ist allen Prozeduren gemeinsam, daß ein aufgerufener Slave nach einem fehlerfreien Empfang eine Stationsantwort an den Master zurücksenden muß. Der Master überwacht bei dieser Quittung unter anderem den Telegramminhalt und die Antwortzeit. Antwortet der Slave innerhalb des im Master festgelegten Zeitraums nicht mit einer fehlerfreien Quittung, wiederholt der Master den Datenverkehr. Der Abbruch erfolgt durch den Master, wenn eine im Master funktionsabhängig festgelegte Anzahl von Wiederholungen erfolglos durchgeführt wurde. (Die Wiederholung wird dadurch gekennzeichnet, daß zu dem in der Prozedur vorgeschriebenen Funktionskode 4 addiert wird.)

Tafel 4.3. Übertragungsprozeduren

	Telegrammart	Funktionskode	Telegrammformat	Telegramminhalt/Funktion
Schreiben	Aufruf	85H	2	in den Slave einzuschreibende Daten; Anwahlinformationen für anschließendes Lesen
	Antwort	80H	1	formale Quittung
Lesen	Aufruf	41H	1	Aufforderung zum Senden angewählter Daten
	Antwort	44H	2	angewählte Daten
Schreiben und Lesen	Aufruf	0C5H	2	Einschreiben mit sofortiger Rückantwort; Pufferabfragen
	Antwort	0C4H	2	Rückantwort; Pufferinhalt
Sammelschreiben	Aufruf	05H	2	Schreiben von Daten in alle Stationen gleichzeitig
	Antwort	–	–	keine

4.1.5.3. Bussteuerung

Die Bussteuerung ist eine der wesentlichen Aufgaben der Datenbahnsteuerstation. Sie koordiniert Übertragungsvorgänge der angeschlossenen Master. Die Bussteuerung erfolgt in drei Schritten (Bild 4.18):

1. Schritt: Ermittlung von Busanforderungen. Bei der Stationsabfrage teilen die potentiellen Masterstationen Busanforderungen in einer bestimmten Priorität mit. Die Priorität der Busanforderung wird in dem jeweiligen potentiellen Master gebildet und richtet sich nach seiner aktuellen Funktion.

2. Schritt: Busvergabe. Nach Auswertung der Prioritäten der Busanforderungen übergibt die Datenbahnsteuerstation die Bussteuerung an die Masterstation mit der höchsten Priorität.

Nach der Busübergabe kann der betreffende Master einen Übertragungsvorgang abwickeln, in dem er mit einer oder mehreren anderen Stationen, die dann als Slave arbeiten, Datenübertragung durchführt.

3. Schritt: Busrückgabe. Nach Beendigung des Übertragungsvorgangs wird die Bussteuerung an die Datenbahnsteuerstation zurückgegeben. Sie kann den Bus dann an die Masterstation mit der nächsten Priorität vergeben. Sind alle gemeldeten Busanforderungen realisiert oder ist die in der Datenbahnsteuerstation definierte Maximalzeit zwischen zwei Stationsabfragen erreicht, wird eine neue Abfrage gestartet. Einzelheiten zur Bussteuerung sind im Abschn. 4.5.4. erläutert.

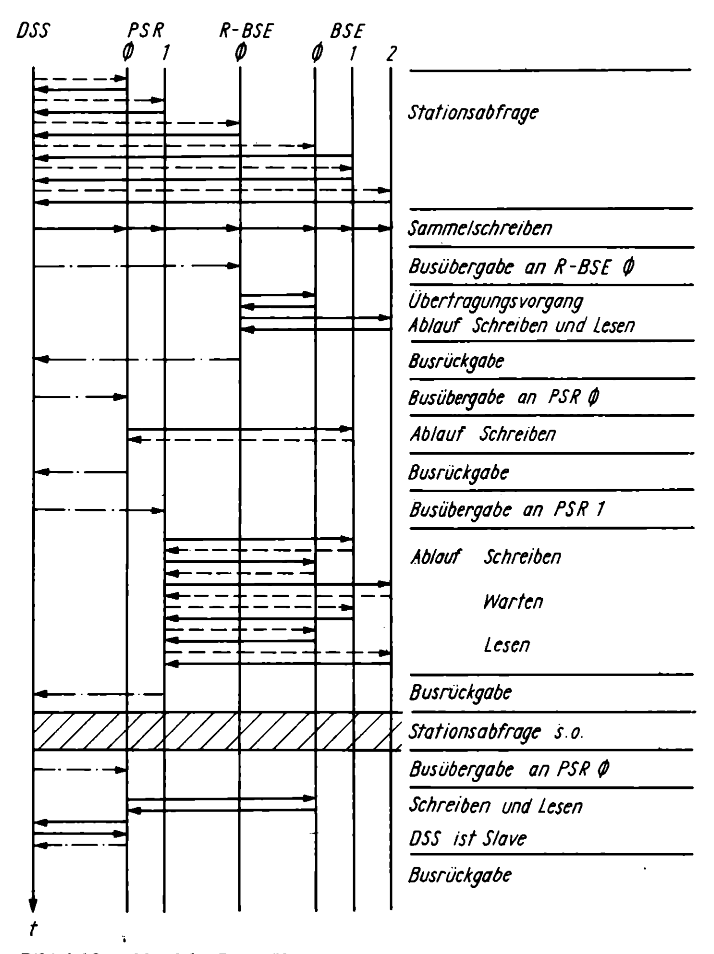


Bild 4.18. Ablauf der Datenübertragung

DSS Datenbahnsteuerstation; PSR Pultsteuerrechner; R-BSE Reserve-Basissteuereinheit;
BSE Basissteuereinheit
——— Telegramm Format 2
--- Kurztelegramm
-.- Bussteuerung

4.1.5.4. Gestaltung eines Übertragungsvorgangs

Ein Übertragungsvorgang besteht aus ein- oder mehrmaligem Datenverkehr mit einer oder mehreren Stationen. Ein Datenverkehr entspricht dabei dem Austausch der in einer Datenübertragungsprozedur definierten Telegramme. Ein Übertragungsvorgang läuft nach folgenden Grundvarianten ab:

Schreiben von Daten an Slavestationen: Die Übertragung erfolgt mit der Übertragungsprozedur Schreiben. Die Stationsantwort eines Slave quittiert den formal richtigen Empfang. Die Datenverteilung wird nach dem Senden der Quittung gestartet.

Schreiben – Warten – Lesen: Mit der Schreibprozedur werden vom Master Anwahldaten an die

anzusprechenden Slaves nacheinander übertragen. Diese quittieren den formal richtigen Empfang mit der Stationsantwort und beginnen anschließend mit der Datenbereitstellung. Vor dem Abfordern der Daten von den Slaves wird im Master eine Wartezeit eingeschoben, die der Laufzeit der Datenbereitstellung im Slave entspricht. Sie wird gerechnet ab Empfang der Stationsantwort des ersten Slave, so daß sich die reale Wartezeit um die Dauer der Datenverkehre mit den anderen Slaves verkürzt. Das Abfordern der bereitgestellten Daten erfolgt mit der Prozedur Lesen.

Schreiben und Lesen: Im Stationsaufruf der Prozedur Schreiben und Lesen werden Anwahldaten an einen Slave übertragen. Nach Ablauf der Datenbereitstellung sendet der Slave die angewählten Daten in der Stationsantwort. Sind mehrere Stationen anzusprechen, werden sie nacheinander aufgerufen. Jeder Datenverkehr beinhaltet die Laufzeit der Datenbereitstellung im Slave.

Schreiben mit Sammeladressierung: Mit der Prozedur Sammeladressierung wird ein Schreibtelegramm gleichzeitig an alle Stationen gesendet. Da der Master keine Überwachung durchführen kann (keine Quittung), wird dieser Ablauf nur für unkritische, zyklisch wiederholte Übertragungsvorgänge benutzt (z. B. Uhr-Synchronisieren).

4.1.5.5. Struktur das Datenteils im Telegramm

Struktur und Inhalt des Datenteils bei Übertragungsprozeduren sind abhängig von Art und Umfang der zu übertragenden Daten.

Im Stationsaufruf kann der Datenteil einen oder mehrere Datensätze enthalten. Ein Datensatz wird durch ein Steuerbyte eingeleitet, das die Datenbereitstellung oder -verteilung im Slave steuert. Danach folgen Zugriffsinformationen und, falls Daten in den Slave geschrieben werden sollen, die entsprechenden Informationsbytes.

Der Datenteil im Stationsantworttelegramm enthält vom Master angewählte Daten. Sie sind nicht gesondert strukturiert. Die Reihenfolge dieser vom Slave bereitgestellten Daten entspricht der Reihenfolge der Datensätze im Stationsaufruf, d. h., die Zuordnung von Anwahl- zu Antwortdaten ist ausschließlich durch die Reihenfolge definiert.

4.1.6. Anlagenstromversorgung

Die Einspeisung der elektrischen Versorgungsenergie in die Automatisierungsanlage erfolgt aus der Starkstromanlage des Gesamtobjekts. Als gesetzliche Grundlage für das Errichten von Automatisierungsanlagen gilt der Standardkomplex TGL 32991. Danach ist der Stromversorgungsteil der Automatisierungsanlage nach den gesetzlichen Vorschriften der Elektrotechnik auszuführen.

Die Abstufung der MSR-Hauptsicherungen gegenüber der Unterverteilungsabgangssicherung ist nach den Forderungen gemäß TGL 200-0613/02 vorzunehmen.

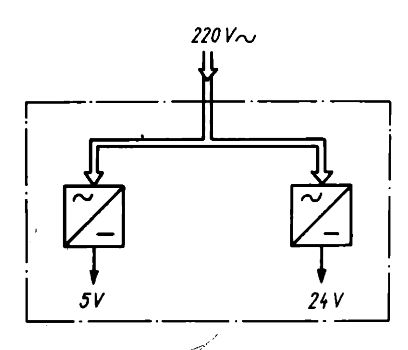


Bild 4.19. Wechselspannungseinspeisung

Automatisierungssysteme und Mikrorechner unterscheiden sich im Hinblick auf die Einordnung der Einzelkomponente in die Anlagenstromversorgung nicht gegenüber der konventionellen Technik, da ihre Baugruppen und Einrichtungen den industriellen Erfordernissen angepaßt wurden.

Unterschiede gibt es in der Struktur der Stromversorgung der einzelnen Automatisierungssysteme mit Mikrorechner. Prinzipiell haben sich folgende Strukturen der Stromversorgung herausgebildet:

Wechselspannungseinspeisung. Jede Einrichtung wird mit 220 V Wechselspannung eingespeist. Die einzelnen geregelten Teilspannungen werden mittels Schaltnetzteilen erzeugt (Bild 4.19).

Bei Netzausfall bzw. -unterbrechung geht der Mikrorechner in einen definierten „Halt", wobei der Datenerhalt mit akkumulatorgestützten Speicherkarten für einen definierten Zeitraum gewährleistet wird. Die Zeitdauer in Abhängigkeit von den technologischen Bedingungen entscheidet nach dem Wiederkehren der Netzspannung über einen Wiederanlauf bzw. Neuanlauf der ausgefallenen Einrichtung. Ist aufgrund der technologischen Bedingungen eine unterbrechungsfreie Stromversorgung notwendig, so ist diese durch externe Maßnahmen aufzubauen, wie

Einsatz eines Motorgeneratorsatzes und
Wechselstromrichteranlage.

310-V-Gleichspannungseinspeisung. Außerhalb der Automatisierungseinrichtungen wird eine 310-V-Gleichspannungsebene erzeugt. Diese unstabilisierte Grundspannung dient zur Einspeisung der einzelnen Einrichtungen.

Die notwendigen geregelten Teilspannungen werden mittels Schaltregler aus der 310-V-Gleichspannung erzeugt (Bild 4.20). Die 310-V-Gleichspannungsebene ermöglicht unter der Voraussetzung zweier unabhängiger Netze oder Batterieanlagen die Doppeleinspeisung und damit eine unterbrechungsfreie Stromversorgung.

24-V-Gleichspannungseinspeisung. Eine separate Stromversorgungseinheit erzeugt eine 24-V-Gleichspannung (unstabilisiert), die als Grundspannung der zu versorgenden Einrichtungen dient.

Je nach Umfang und Anordnung des Automatisierungssystems kann die 24-V-Stromversorgungseinheit dezentral oder zentral aufgebaut werden. Die für das System notwendigen stabilisierten Teilspannungen werden in den Einrichtungen mittels Schaltregler erzeugt (Bild 4.21). Die 24-V-Grundspannungsebene ermöglicht den Anschluß einer 24-V-Batterieanlage, die mittels Diodenentkopplung eine unterbrechungsfreie Stromversorgung gewährleistet.

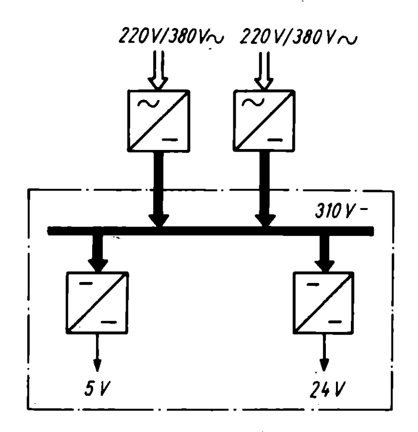




Bild 4.20. 310-V-Gleichspannungseinspeisung

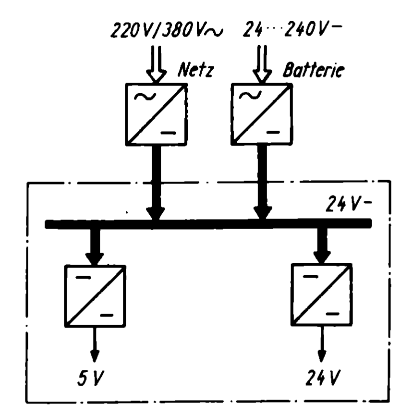


Bild 4.21. 24-V-Gleichspannungseinspeisung

Für höchste Ansprüche an die Betriebsbereitschaft des Systems kann die Pufferbatterie redundant ausgelegt werden.

Die unterschiedlichen Strukturen der Stromversorgung von Automatisierungssystemen mit Mikrorechner resultieren einerseits aus den unterschiedlichen Systemkonzepten und andererseits aus den unterschiedlichen einsatzspezifischen Erfordernissen.

Prozeßbedingte Kriterien, z. B.

Prozeßdynamik
Sicherheitsforderungen,

bestimmen, inwieweit die Stromversorgung unterbrechungsfrei ausgelegt sein muß (Gleichstromeinspeisung) oder Umschaltzeiten von etwa 300 ms auf der Mittelspannungsebene (Wechselstromeinspeisung) möglich sind.

Die zulässigen Toleranzgrenzen der einzelnen Spannungsebenen sind in Tafel 4.4 enthalten.

Tafel 4.4. Toleranzen der Spannungsebenen

Spannungsebene	Toleranzgrenzen
220 V Ws	220 V +10 %, −17 % 50 Hz +26 %, − 6 %
310 V Gs	+10 %, −17 %
24 V Gs	±25 %
Mikrorechnerspannungen	± 3 %

4.1.7. Anlagenschutz

Die immer stärkere Verbreitung elektronischer Einrichtungen in technologischen Anlagen verlangt eine größere Aufmerksamkeit für den systemspezifischen Anlagenschutz.

Die Vorteile der Mikroelektronik in Automatisierungssystemen kommen nur zur Geltung, wenn die Elektronik zuverlässig unter den Einsatzbedingungen arbeitet. Das setzt voraus, daß einerseits das Elektroniksystem durch Gestaltung und Aufbau der Einzelkomponente eine hohe Verfügbarkeit und Funktionssicherheit gewährleistet und andererseits die Einsatzbedingungen entsprechend den systemspezifischen Eigenschaften verändert bzw. gestaltet werden.

Die Gewährleistung des Anlagenschutzes und des damit verbundenen Schutzes der Menschen vor Schädigungen erfordert die Bewältigung der Teilkomplexe

Störbeeinflussung
[4.1, 4.2]
Blitzschutz
[4.3]
Explosionsschutz
[4.4, 4.5, 4.6].

4.1.7.1. Störbeeinflussung

Die Ursachen der Störbeeinflussung sowie die Wahl geeigneter Gegenmaßnahmen sind für die Planung und Installation sowie den zuverlässigen Betrieb von Automatisierungssystemen mit Mikrorechner von entscheidender Bedeutung. Ohne geeignete Gegenmaßnahmen können auf die meisten langen Signalleitungen zwischen Prozeß und Mikrorechnern Störsignale verschiedener Herkunft gekoppelt werden.

Maßnahmen zur Vermeidung der Störbeeinflussung von Automatisierungssystemen mit Mikrorechnern sind

ausgewählte Prozeßsignalleitungsführung (s. Abschn. 4.3.1.4.)
Schirmung der Prozeßsignalleitungen
Potentialtrennung der Prozeßsignalkreise
Erdung.

Schirmung. Ziel der Schirmung ist die Abschwächung eingestrahlter Fremdenergie, so daß die gewünschte Übertragungssicherheit im störempfindlichen Signalleiter gewährleistet wird. Zur Ableitung der über den Schirm fließenden Störströme ist der Schirm zu erden.

Da bei industriellen Anlagen stets mit starken und zudem zeitlich veränderlichen Potentialunterschieden entlang dem Schirm zu rechnen ist, ist der Schirm zur Vermeidung von Erdschleifen (abgesehen von Sonderfällen) nur einseitig zu erden. Eine Schirmung der Prozeßsignalleitungen ist aber nicht für jede Kopplungsart wirksam. Bei Magnetfeldern im Be-

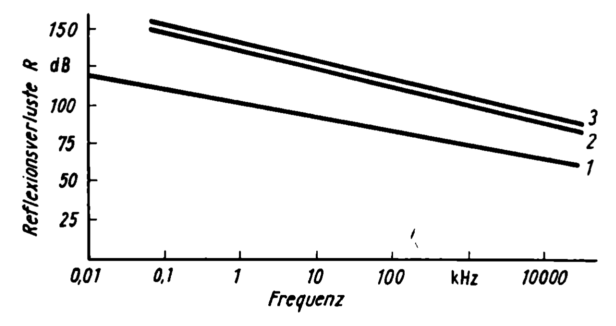


Bild 4.22. Frequenzabhängigkeit der Abschirmwirkung verschiedener Materialien bei Abschirmung gegen elektrostatische Felder

1 Stahl; *2* Aluminium; *3* Kupfer

Abschwächverhältnis; elektrostatische Felder dB = (log) $\frac{\sigma}{\mu\,\omega}$

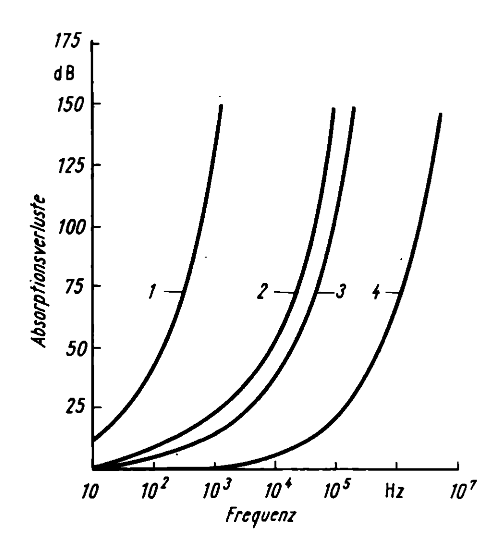


Bild 4.23. Wirksamkeit unterschiedlicher Schirmmaterialien gegen magnetische Felder

1 Stahl 3 mm; *2* Stahl 0,5 mm; *3* Kupfer 3 mm; *4* Kupfer 0,5 mm

Abschwächverhältnis: magnetischer Fehler

dB = (log) $T\sqrt{\omega\,\sigma\,\mu}$

T Dicke des Materials

ω Feldfrequenz μ Permeabilität σ Leitfähigkeit des Schirmes

reich üblicher Netzfrequenzen ist die Abschirmung aus Kupfer oder Aluminium praktisch unwirksam. In solchen Fällen kann eine Doppelabschirmung nützlich sein, z. B. eine im Stahlrohr eingezogene geschirmte Leitung. Laut [4.7] kann die Frage nach dem besten Schirmmaterial nicht direkt beantwortet werden, da

- die einzelnen Materialien in elektrischen Feldern anders reagieren als in magnetischen Feldern
- alle Materialien stark unterschiedlich auf verschiedene Frequenzlagen der Störsignale reagieren.

In den Bildern 4.22 und 4.23 ist das Abschwächverhältnis für elektrostatische und magnetische Felder nach [4.7] dargestellt. Wie aus Bild 4.23 ersichtlich, schützt Stahl besser als Kupfer gegen magnetische Felder.

Potentialtrennung. Sind Prozeßsignale mit sehr unterschiedlichem Bezugspotential signalmäßig auf elektronische Signalverarbeitungsanlagen zu schalten, gilt die galvanische Potentialtrennung als die sicherste Methode, galvanische Kopplungen zu unterbinden.

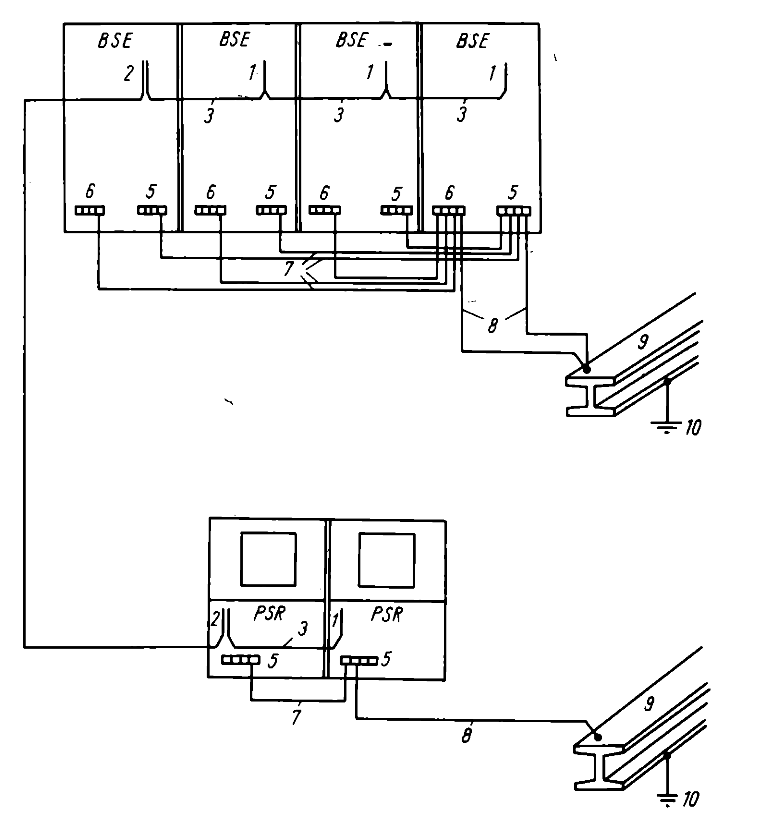


Bild 4.24. Erdung audatec-System

BSE Basissteuereinheit; PSR Pultsteuerrechner

1 Zwischenblockinterface Steuereinheit; *2* Zwischenblockinterface Steuer- und Übertragungseinheit; *3* Nahbus; *4* Fernbus; *5* Anschluß Mikrorechnerbezugspotential; *6* Anschluß Prozeßkabelschirme; *7* Potentialverbindungsleitung (4 bis 10 mm² Cu); *8* Potentialausgleichsleitung (6 bis 16 mm² Cu); *9* leitende Stahlkonstruktion; *10* zentraler Erder

Erdung. Geerdet werden leitfähige Gehäuse/Gefäße aus berührungstechnischen Gründen (TGL 200-0602/03) über ein Schutzleiter- bzw. Schutzerdungssystem.

Das Bezugsleiter- und Schirmsystem ist aus störtechnischer Sicht mit dem Erder zu verbinden. Als Erder ist der Fundamenterder (TGL 33373) vorzugsweise einzusetzen. Ist die Installation eines Fundamenterders nicht möglich (bei Rekonstruktionen), so ist der in der technologischen Anlage vorhandene Erder zu nutzen.

Die Impedanz des Erders ist für die Erdung von Elektroniksystemen sekundär; primär ist die Flächenimpedanz, d. h. die Potentialverbindung zwischen den einzelnen Systemkomponenten.

In die zu errichtende Verbindung zwischen der Automatisierungseinrichtung und dem Erder (Potentialausgleichsleitung) sollte die leitende Stahlkonstruktion der Räumlichkeit/Gebäude einbezogen werden.

Der Nachweis einer innigleitenden Verbindung zwischen der Stahlkonstruktion und dem Erder ist erforderlich. Wie ein Automatisierungssystem mit Mikrorechner geerdet werden kann, zeigt Bild 4.24.

Die galvanisch gekoppelten Einrichtungen werden sternpunktförmig geerdet. Die über den Fernbus entkoppelte Verbindung zwischen den Basissteuereinheiten und den Pultsteuerrechnern gestattet, die Einrichtungskomplexe unter dem Gesichtspunkt der Erdung als völlig selbständige Einrichtungen zu betrachten.

4.1.7.2. Blitzschutz

Man unterteilt den Blitzschutz in den „äußeren Blitzschutz", als die Gesamtheit aller an und in einer baulichen Anlage verlegten und bestehenden Einrichtungen zum Fangen und Ableiten des Blitzstroms in die Erde, und in den „inneren Blitzschutz", als die Gesamtheit aller Maßnahmen in einer baulichen Anlage zum Begrenzen von Blitzüberspannungen in elektrischen Anlagen und metallenen Installationen [4.3].

In technologischen Anlagen sind die elektronischen Einrichtungen und deren Prozeßsignalkabel so innerhalb des Schutzbereichs des Blitzableitsystems angeordnet, daß man mit einem direkten Einschlag in die elektronische Anlage nicht zu rechnen braucht [4.8].

Eine Beeinflussung entsteht daher nur durch den über das Blitzableitsystem in das Erdungssystem und von dort in den Erdboden fließenden Strom. Einerseits entstehen im Blitzableitsystem beim Fließen des Blitzstroms Spannungsabfälle, die in die elektronische Anlage direkt oder kapazitiv eingekoppelt werden; andererseits baut der fließende Strom um sich ein Magnetfeld auf, das in Leiterschleifen eine Spannung induziert. Erweiterte Maßnahmen des „äußeren Blitzschutzes", wie

- Verringerung der Maschenweite bei Auffang- und Ableitungseinrichtungen
- vollkommener Potentialausgleich,

reduzieren die Gefährdung elektronischer Anlagen, können aber keinen vollständigen Schutz erreichen. Hierzu sind die Maßnahmen des „inneren Blitzschutzes" notwendig, die z. B. den Einsatz von Ventilableitern, Trennfunkenstrecken, Gasableitern, Varistoren und Suppressordioden bzw. von Bausteinen aus den genannten Elementen umfassen (Tafel 4.5). Die in Tafel 4.5 enthaltenen Baugruppen begrenzen die Überspannungen auf etwa 0,5 bis 2kV.

Für elektronische Einrichtungen wie Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern sind diese Restüberspannungen aber noch zu groß. Für solche Anwendungsfälle gibt es laut [4.3]

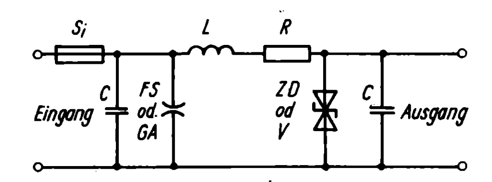


Bild 4.25. Überspannungsschutz für Signalleitungen

C Kondensator; FS Funkenstrecke; *R* Widerstand; *L* Induktivität; ZD Z-Diode; *V* Varistor; Si Sicherung; GA Gasentladungsableiter

Tafel 4.5. Baugruppen zur Begrenzung von Überspannungen

Bezeichnung	Funktion/Verwendungszweck
Trennfunkenstrecke	– dient bis zum Auftreten ihrer Ansprechspannung (100 ... 10 000 V) zur elektrischen Trennung zweier metallener Installationen und stellt für den Blitzstrom beim Durchzünden eine elektrische Verbindung her – Einsatz an Näherungsstellen zwischen der Blitzschutzanlage und anderen geerdeten Anlagenteilen
Gasgefüllter Überspannungsableiter	– Funkenstrecke in einem mit Edelgas gefüllten Entladungsraum – Durch Variationen von Elektrodenabstand, Gasdruck und Elektrodenmaterial lassen sich Ansprechspannung und Stoßstrombelastbarkeit in weiten Grenzen beeinflussen – Stoßstromtragfähigkeit gegenüber der Trennfunkenstrecke deutlich niedriger
Ventilableiter	– besteht aus Funkenstrecke und einem spannungsabhängigen Widerstand (Silizium-Karbid-Varistor) – Im Normalbetrieb isoliert die Funkenstrecke den Ableiter vom Netz; bei Überspannung zündet die Funkenstrecke, und über den Ableiter fließt ein Stoßstrom
Varistoren	– stark spannungsabhängige Widerstände – mit Stoßströmen im Bereich von 10 kA belastbar – Ansprechspannung (Zener-Knick) liegt von einigen zehn bis nahe 2000 V – Eigenkapazität ≈ 100 ... 200 pF

spezielle MSR-Überspannungsschutzgeräte. Diese Geräte für die zu- und abgehenden Signalleitungen enthalten eine Funkenstrecke oder einen Gasentladungsableiter als Grobschutz und eine Z-Diode oder einen Varistor als Feinschutz. Parallel zu diesen Baugruppen werden Kapazitäten zur Reduzierung der Spannungssteilheit geschaltet (Bild 4.25). Ausgehend von diesem „kompletten" Schutzvierpol sind alle möglichen Vereinfachungen und Modifizierungen denkbar.

4.1.7.3. Explosionsschutz

Von den neun bekannten Schutzarten des Explosionsschutzes ist „Eigensicherheit" die im Automatisierungsanlagenbau am häufigsten angewendete Schutzart [4.4]. Laut TGL 19491/06 ist sie wie folgt definiert:

„Eigensicherheit ist eine Schutzart, bei der die Stromkreise elektrisch so ausgelegt sind, daß die bei normalem Betrieb und bei Beschädigung, wie Kurzschluß, Unterbrechung, entstehenden Funken und Erwärmungen nach dem in TGL 19491/10 festgelegten Prüfverfahren unfähig sind, die Zündung eines explosiblen Gas-Luft- oder Dampf-Luft-Gemisches zu bewirken.

Die Eigensicherheit wird erreicht durch Begrenzung der elektrischen Verhältnisse und durch spezielle konstruktive Maßnahmen."

Das Prinzip der Schutzart Eigensicherheit besteht darin, die Energie eines elektrischen Stromkreises (eigensicherer Außenkreis) im gefährdeten Anlagenbereich so zu begrenzen, daß sie sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störungen unterhalb der Zündschwelle für umgebende explosible Gemische bleibt.

Sicherheitseinrichtungen, die die Energie eines elektrischen Stromkreises begrenzen, sind

Potentialtrenner
Sicherheitsbarrieren.

Potentialtrenner. Der Potentialtrenner dient der galvanischen Trennung von eigensicheren und nichteigensicheren Stromkreisen sowie der Trennung von Stromkreisen mit unterschiedlichem Potential. Der Potentialtrenner stellt einen Trennverstärker dar, der das Einheitssignal im Verhältnis 1:1 überträgt. Der Potentialtrenner selbst ist nicht explosionsgeschützt, sondern besitzt nur einen eigensicheren Außenkreis und einen störspannungssicheren Eingang.

Sicherheitsbarriere. Sicherheitsbarrieren als zweite Variante von Sicherheitseinrichtungen (Zener-Barrieren, safety barriers) sind Baugruppen, durch die die elektrischen Verhältnisse nichteigensicherer Stromkreise oder der Außenkreise von elektrischen Betriebsmitteln auf eigensichere Werte begrenzt werden.

Im Gegensatz zum Potentialtrenner vermindert eine Sicherheitsbarriere infolge der durch die schaltungstechnische Auslegung bedingten fehlenden galvanischen Trennung nur die Wirkung der galvanischen Verbindung.

Sicherheitsbarrieren stellen schaltungstechnisch einen passiven Vierpol mit leistungsbegrenzenden Eigenschaften dar. Da sie selbst nicht explosionsgeschützt ausgeführt sind, müssen die Sicherheitsbarrieren im explosionsfreien Bereich installiert werden. Im einfachsten Fall besteht eine Sicherheitsbarriere aus der Grundbarriere (Bild 4.26). Die Sicherung übernimmt den thermischen Schutz und die Stromzeitbegrenzung im Störungsfall für die im Spannungspfad liegenden Zener-Dioden. Die Z-Dioden bestimmen die Eigensicherheit des angeschlossenen Stromkreises durch die Spannungsbegrenzung auf das zulässige Maß. Die Widerstände im Längszweig dienen der Strombegrenzung im eigensicheren Stromkreis. Zur Gewährleistung der Schutzwirkung ist die Sicherheitsbarriere an den Potentialausgleich anzuschließen.

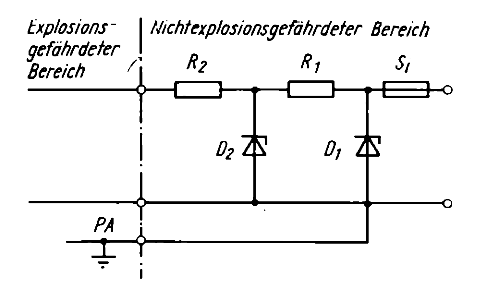


Bild 4.26. Grundbarriere

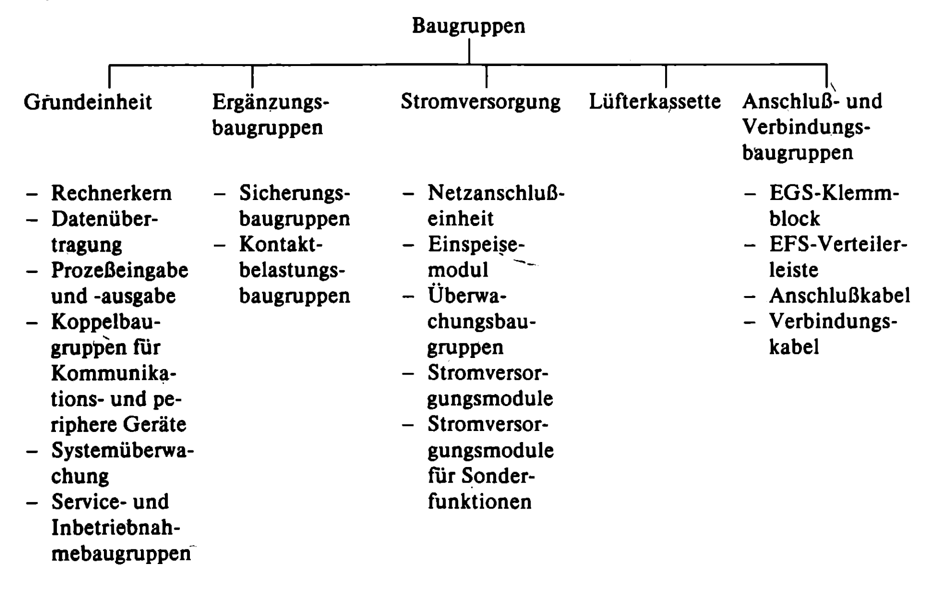
R_1, R_2 Widerstand; D_1, D_2 Dioden; Si Sicherung;
PA Potentialausgleich

Aufbauend auf der einfachsten Form der Sicherheitsbarriere (Grundbarriere) wurden für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle weitere Barriereformen entwickelt (Ausführungsformen und Auswahlkritierien s. [4.4]).

4.2. Baugruppen für Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern

Die in Automatisierungssystemen mit Mikrorechnern verwendeten Baugruppen sind in einer Grobübersicht in Tafel 4.6 dargestellt. Erläuterungen zu den einzelnen Baugruppen sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

Tafel 4.6. Übersicht zu Baugruppen für Automatisierungssysteme mit Mikrorechner



4.2.1. Grundeinheit

Das Automatisierungssystem mit Mikrorechner *audatec* des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau basiert auf dem System ursadat 5000, das ein Teil des elektronischen Einrichtungssystems ursatron 5000 des Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin ist. Hauptbestandteil des Systems ursadat 5000 ist die ursadat-Grundeinheit. Sie ist eine universelle, modular aufrüstbare Funktionseinheit mit Mikrorechner, Speichern, Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen und Schnittstellen zur seriellen Datenübertragung [4.9] (Bild 4.27).

Alle im System ursadat 5000 zum Einsatz kommenden Baugruppen sind konstruktiv durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

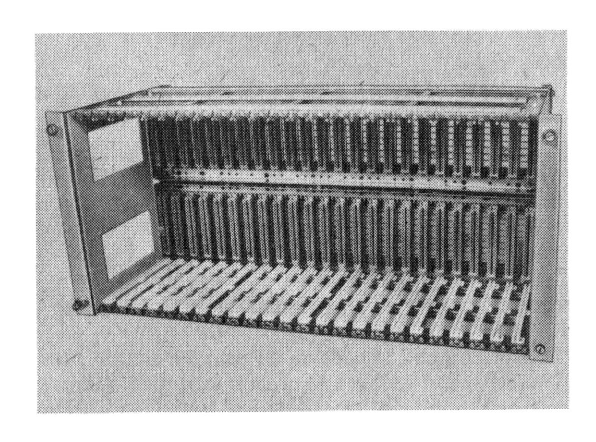


Bild 4.27. ursadat-Grundeinheit (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

Konstruktive Ausführung	modifizierter Karteneinschub A 2.3 nach TGL 25068/01
Abmessungen der Leiterplatte	215 mm × 170 mm (*h* × *b*)
Steckraster	20 mm
Anschlußart, prozeßseitig	frontseitig angeordnete Buchsenleiste
Anschlußart, busseitig	direkter Steckverbinder für System- und Koppelbus
Schutzgrad	IP 00

Das verwendete Mikrorechnersystem K 1520 des Kombinats Robotron ermöglicht die Vergabe von 32 Hardwareadressen. Sie sind auf den Baugruppen durch eine sog. „Wickelprogrammierung" einsatzspezifisch festzulegen. Baugruppen, die eine Hardwareadresse benötigen, sind in Tafel 4.7 aufgeführt.

Tafel 4.7. Baugruppen mit Hardwareadresse

Kurzbezeichnung	Baugruppe
UEW	Überwachungsmodul
ZRE	Zentrale Recheneinheit
ZI-SE	Zwischenblockinterface-Steuereinheit
AE-G	Analogeingabe Grundkarte
ADU 612.03	Analog Digital-Umsetzer
AA-1K	Analogausgabe, 1kanalig
AA-5K	Analogausgabe, 5kanalig
DES	Digitaleingabe, statisch
DED	Digitaleingabe, dynamisch
DES-KT	Digitaleingabe mit kurzschlußfestem Treiber
DEM	Digitaleingabe, multiplex
UIZ	Universalzähler
DA-R	Digitalausgabe mit Relais
DAS-H	Digitalausgabe mit Haftrelais
DA-T	Digitalausgabe mit Transistor
DA-0	Digitalausgabe mit Optokoppler
DAS-KT	Digitalausgabe mit kurzschlußfestem Treiber
IA	Impulsausgabe
DUA 401	Ansteuerung für Ziffernanzeige
SE-AS 2351	Anschlußeinheit für Serviceeinheit
ABD K 7022	Anschlußeinheit für Bedieneinheit
KOMO 3705	Kontrollmodul
ATS K 7028	Anschlußsteuerung für Tastatur
ABS K 7023	Anschlußsteuerung Bildschirm
AST 223.01	Anschlußsteuerung für Bedientastatur
ABS K 7029.16	Anschlußsteuerung für Farbmonitor
ADA K 6022	Anschlußsteuerung für dara-Geräte

4.2.1.1. Rechnerkern

Die Baugruppen des VEB Kombinat Robotron, die zum Rechnerkern gehören, sind in Tafel 4.8 aufgeführt; Einzelheiten zu den verwendeten Speicherbaugruppen sind der Tafel 4.9 zu entnehmen.

Hinweise zum Einsatz der Baugruppen (s. Tafel 4.8)

Zentrale Recheneinheit ZRE

- Sie ist am parallel arbeitenden K 1520-Bus angeschlossen, über den Daten-, Adreß- und Steuersignale mit anderen Baugruppen der Grundeinheit ausgetauscht werden.
- Der Zähler- und Zeitgeberschaltkreis CTC kann zur Echtzeitverarbeitung Unterbrechungen veranlassen und dadurch die ZRE entlasten.
- Der parallele Eingabe/Ausgabe-Schaltkreis PIO ermöglicht die Kopplung von zentralen Recheneinheiten untereinander oder mit externen Geräten.

Tafel 4.8. Rechnerkern des Systems K 1520 des VEB Kombinat Robotron

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Funktion	Bemerkungen
Zentrale Recheneinheit	ZRE	– zentrale Baugruppe des Mikrorechnersystems K 1520 – verarbeitet Daten aus dem Speicher oder von peripheren Geräten – organisiert den Datentransport auf dem parallelen Systembus	– Systembasis ist die Schaltkreisfamilie des U 880 Prozessor U 880 Schreib/Lese-Speicher (1 KByte) Festwertspeicher (3 KByte) Zähler und Zeitgeber (CTC) parallele Ein-/Ausgabe (PIO) quarzstabilisierter Taktgenerator bidirektionaler Bustreiber
Operativspeicher	OPS	– Speicherung von Daten, die in abgeschlossenen Zyklen eingelesen (Schreiben) bzw. ausgelesen (Lesen) werden können	– Die Kennwerte der Speichertypen sind in Tafel 4.9 enthalten – Ihrer Betriebsart nach werden sie allgemein mit RAM bezeichnet
Festwertspeicher	PFS	– Speicherung von Daten, die in abgeschlossenen Zyklen gelesen werden können	– Ihrer Betriebsart nach werden sie allgemein mit EPROM bezeichnet – Die Kennwerte sind in Tafel 4.9 enthalten
Kaskadenbrücke	KAB	– brückt die Anschlüsse der Daisychain-Signale (Kaskadensignale)	
Busverstärker	BVE	– realisiert definierten Busabschluß – verlängert den System- und Koppelbus bis zu elf Steckplätzen	Zur Busverlängerung gehören außerdem zwei Verbindungsleitungen (LTG) und ein Kabeladapter (VLA)

Tafel 4.9. Kennwerte der Speicherbaugruppen des Mikrorechnersystems K1520 des VEB Kombinat Robotron

Kennwert	Operativspeicher K 3520.05	 K 3521.35	Operativ-Festwertspeicher K 3620.05	Festwertspeicher K 3820.05
Speicherkapazität	4 KByte stat. RAM		2 KByte stat. RAM 6 KByte EPROM	16 KByte EPROM
Schaltkreistechnologie	n-MOS	C-MOS	n-MOS	
Zugriffszeit	≦ 530 ns			
Betriebsarten	abgeschlossene Zyklen „Lesen" oder „Schreiben" in beliebiger Reihenfolge		RAM wie K 3520/3521 EPROM abgeschlossener Zyklus „Lesen"	abgeschlossener Zyklus „Lesen"
Datenverlust	bei Abschaltung der Betriebsspannung	nach etwa 200 h Der Datenverlust wird von der Speicherbaugruppe erkannt und mittels SUE-Signal dem Mikrorechner mitgeteilt	RAM: bei Abschaltung der Betriebsspannung EPROM: ohne	ohne
Datenerhalt	Zuführung 5 PG (aus separaten Akkumodulen)	mit baugruppeninternen Akkus (Knopfzellen) oder mit einer separaten Akkumulatorbaugruppe	Zuführung 5 PG für RAM	energieunabhängige Datenspeicherung
Betriebsspannung	+5 V (5 P) +5 V gestützt (5PG)	+5 V (5 P) −5 V (5 N) +12V (12P)	+5 V (5 P) +5 V gestützt (5PG) −5 V (5 N) +12V (12P)	+5 V (5 P) −5 V (5 N) +12V (12P)
Einschaltbedingungen	ohne	ohne	Es ist abzusichern, daß die Spannung 5N nicht später als 10 ms nach Zuschaltung von 5P bzw. 12P ihren Nennwert erreicht und höchstens 10 ms vor Wegfall der 5P bzw. 12P abschaltet	

- An das Kopplungsinterface eines Masterrechners können bis zu drei weitere Slaverechner zu einem Mehrrechnersystem zusammengeschaltet werden.
- Eine Rücksetzschaltung bewirkt nach dem Einschalten der Stromversorgung den logischen Ausgangszustand.

Kaskadenbrücke KAB

- Sie ist einzusetzen auf Steckplätzen, die im Reparaturfall zum Stecken der Anschlußsteuerung für die Serviceeinheit, Bedieneinheit und/oder Test-RAM vorgesehen sind.
- Zum Auffüllen von freien Steckplätzen zwischen interruptauslösenden Baugruppen.

4.2.1.2. Datenübertragung

Die Baugruppen der Datenübertragung [4.10] dienen zum Übertragen von relevanten Informationen zwischen den Einrichtungen mit einer Geschwindigkeit von 500 KBit/s. Die Datenübertragung ist als bidirektionaler Verkehr aufgebaut, d. h., die Baugruppen können senden und empfangen. Die Baugruppen der Datenübertragung sind in Tafel 4.10 aufgeführt.

Tafel 4.10. Baugruppen der Datenübertragung des Systems ursadat 5000 des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Max. Übertragungsentfernung in m
Zwischenblockinterface der Steuereinheit	ZI–SE	100
Zwischenblockinterface der Übertragungseinheit	ZI–ÜE	3000

Beide Baugruppen gehören zum schnellen seriellen Zwischenblockinterface ZI und bilden die Grundlage für den Aufbau einer Datenbahn zwischen den Einrichtungen.

Es bestehen folgende Möglichkeiten, den Anlagenbus aufzubauen:

mit der ZI-SE als Nahbus (Bild 4.28)
mit der ZI-SE und der *ZI-ÜE* als Fernbus (Bild 4.29)

Eine Kombination von Nah- und Fernbus ist möglich. Zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Datenbahn ist die redundante Auslegung der Datenübertragungsbaugruppen in den Einrichtungen projektierbar, wobei die Umschaltung zwischen der aktiven und passiven Datenübertragungsbaugruppe automatisch erfolgt.

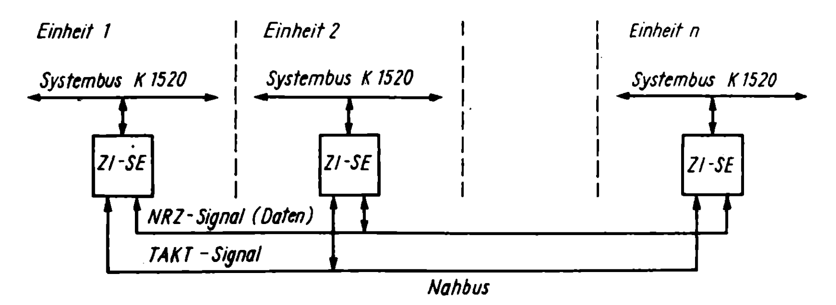


Bild 4.28. Nahbus des Zwischenblockinterface ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

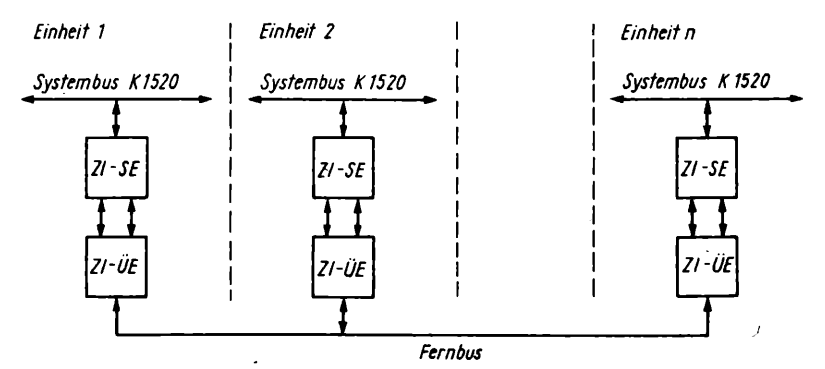


Bild 4.29. Fernbus des Zwischenblockinterface ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

Hinweise zum Aufbau des Anlagenbusses

- Der Nahbus sollte nur zwischen Einrichtungen eingesetzt werden, die in unmittelbarer Nähe zueinander stehen und somit den Bedingungen einer Potentialinsel entsprechen.
- Bei Kombination von Nah- und Fernbus ist zu berücksichtigen, daß bei Ausfall der Basissteuereinheit, die das Fernbussystem mit dem Nahbussystem verbindet, das angeschlossene Nahbussystem mit ausfällt.
- Für den Anlagenbus können folgende koaxiale HF-Kabel gemäß TGL 200-1579 verwendet werden:
  bis 3 km Typ 75-5-C, 75-7-E
  bis 2 km Typ 75-4-4.
  Für Erdverlegung ist nur der Typ 75-7-E geeignet.

4.2.1.3. Prozeßeingabe und -ausgabe

Eine Übersicht der verwendeten Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen des Systems ursadat 5000 ist in Tafel 4.11 dargestellt; der prinzipielle Aufbau der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen ist aus Bild 4.30 ersichtlich.

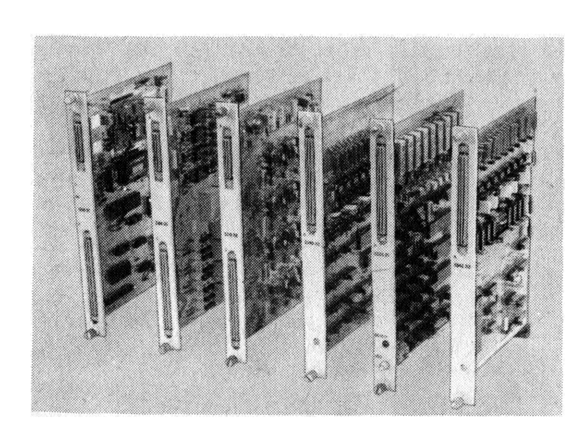
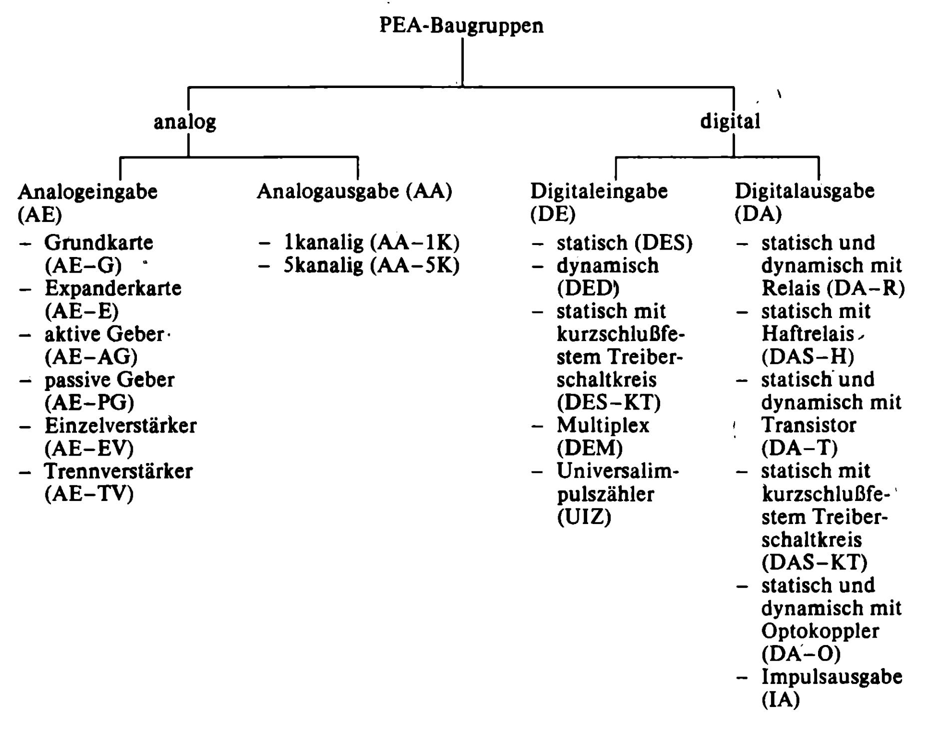


Bild 4.30. Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin

von links nach rechts: Analogeingabe Grundkarte; Analogeingabe Einzelverstärker; Analogeinabe passive Geber; Digitaleingabe, statisch; Impulsausgabe; Digitaleingabe, dynamisch

Tafel 4.11. Übersicht zu Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen des Systems ursadat 5000 des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin



4.2.1.3.1. Analogeingabe

Die Analogeingabe dient der zeitmultiplexen Erfassung analoger Prozeßsignale, ihrer Umsetzung in einen Digitalwert und seiner Weitergabe an den Systembus K 1520 des Mikrorechners. Das Bausteinsortiment ermöglicht Varianten beim Aufbau der Analogeingabe.

1. *Variante:* Umsetzung von maximal 56 Meßstellen auf einen Analogeingabeblock, bestehend aus 1 Analogeingabegrundkarte und 2 Analogeingabeexpanderkarten, je nach Art und Anzahl der Meßwertgeber diverse Anpassungsbaugruppen
2. *Variante:* Umsetzung von maximal 32 Meßstellen auf einen Analog/Digital-Umsetzer ADU, bestehend aus 1 ADU-Grundkarte und 1 ADU-Erweiterungskarte.

Das Blockschaltbild der Analogeingabe mittels Analogeingabeblock ist im Bild 4.31 dargestellt.

Die Analogeingabegrundkarte AE-G ist die zentrale Baugruppe der Analogeingabe. Sie realisiert die Analog/Digital-Umsetzung der Meßwerte und ist die einzige Baugruppe des Analogeingabeblocks, die am K1520-Systembus angeschlossen ist. Alle anderen Baugruppen des Analogeingabeblocks dienen der Signalanpassung oder -verdichtung.

Parameter der Analogeingabe [4.11]

Fehlerklasse	0,25 mit aktiven Gebern 0,4 mit passiven Gebern oder Einzelverstärker 0,6 mit Trennverstärker
Abtastgeschwindigkeit	10 000 Meßstellen/s

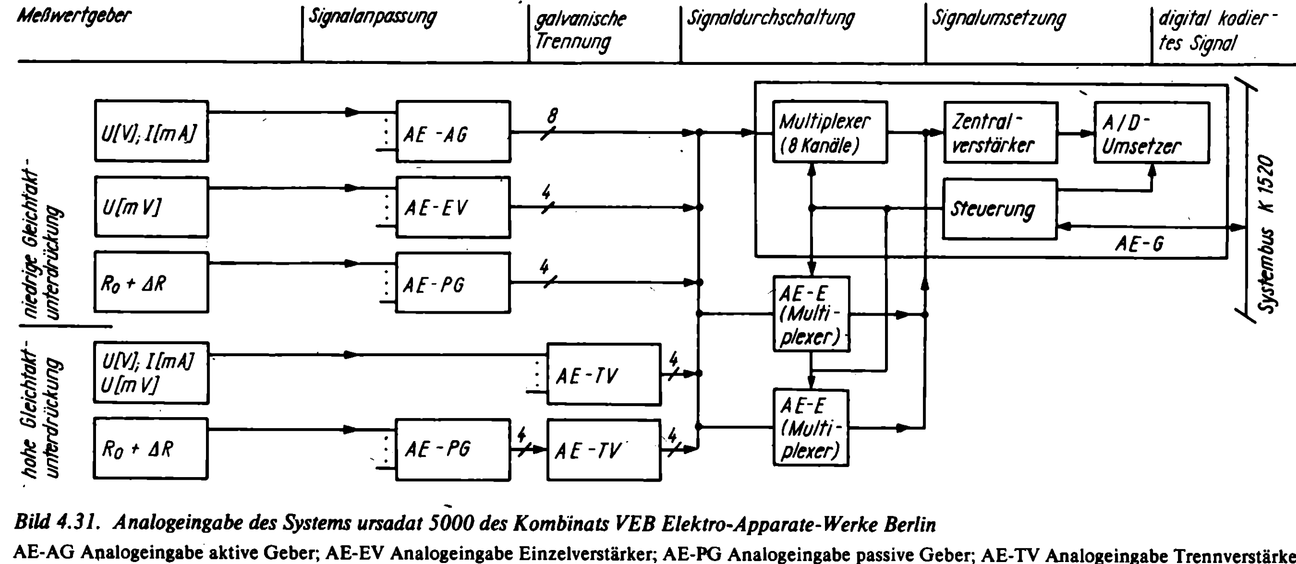


Bild 4.31. ***Analogeingabe des Systems ursadat 5000 des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin***

AE-AG Analogeingabe aktive Geber; AE-EV Analogeingabe Einzelverstärker; AE-PG Analogeingabe passive Geber; AE-TV Analogeingabe Trennverstärker; AE-E Analogeingabe Expanderkarte; AE-G Analogeingabe Grundkarte; A/D analog/digital

Temperaturzusatzfehler	1x Fehlerklasse/10 K
Gegentaktdämpfung für 50 Hz	20 dB für aktive Geber 40 dB für passive Geber
Gleichtaktunterdrückung für 0 bis 50 Hz und 1 kΩ Unsymmetrie	ohne Trennverstärker 60 dB
Maximale Gleichtaktspannung	8 V·s
Überlastungsschutz, nicht eigensicher	bis 60 V·s
Überlastungsschutz, eigensicher	bis 10 V·s
Mit Trennverstärker	110 dB
Maximale Gleichtaktspannung	nicht eigensicher 300 V·s eigensicher 10 V·s

Die zweite Variante der Analogeingabe ist im Bild 4.32 dargestellt. Die Analog/Digital-Umsetzung erfolgt nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation mit Softwareunterstützung, wobei die Hardware einen Digital/Analog-Umsetzer (DAU) enthält.

Parameter der Analogeingabe [4.12]

Fehlerklasse	0,3 bei Stromsignalen und 0 . . . 5-V-Bereich 0,5 bei 0 . . . 1-V-Bereich
Abtastgeschwindigkeit	etwa 1000 Meßstellen/s
Temperaturzusatzfehler	in der Fehlerklasse enthalten
Gegentaktdämpfung	Filter 1. Ordnung passiv $T = 25$ ms
Gleichtaktunterdrückung	
Maximale Gleichtaktspannung	10 V·s
Galvanische Trennung	keine

Die für die Analogeingabe einzusetzenden Analogeingabebaugruppen sind in Tafel 4.12 zusammengestellt.

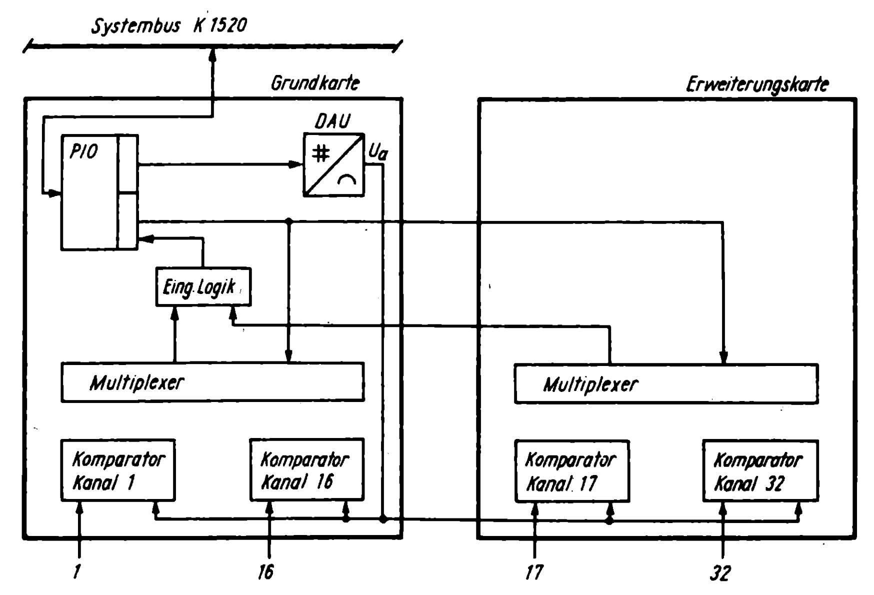


Bild 4.32. Analogeingabe des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

PIO Schaltkreis für parallele Ein- und Ausgabe; DAU Digital/Analog-Umsetzer

Tafel 4.12. Analogeingabebaugruppen des Systems ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin) und des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Bezeichnung/ Kurzbezeichnung	Funktion	Anzahl der Kanäle	Meßbereich	Max. Entfernung Geber-Baugruppe	Bemerkungen
Analogeingabe Grundkarte AE–G	– digitalisiert den analogen Meßwert – kommuniziert über den Systembus mit dem Rechnerkern K1520	8	0...1 V	–	– Acht Kanäle können direkt über den internen Multiplexer angeschlossen werden – max. 56 Kanaladressen möglich – Steuerung der Zeilen- und Spaltensignale
Analogeingabe Expanderkarte AE–E	Durchschaltung von 24 Meßstellen	24	0...1 V	–	– Zeilen- und Spaltensignale zur Meßwertdurchschaltung werden von der AE–G gesteuert – Eingangssignale werden frontseitig über drei Buchsenleisten angeschlossen
Analogeingabe aktive Geber AE–AG	– Signalwandlung in 0...1 V – Anpassungsbaugruppe	8	0... 5 mA 0...10 mA 0...20 mA 0... 1 V 0...10 V	1000 500	– kein Leitungsabgleich unter der Bedingung, daß der Hin- und Rückleiterwiderstand ≦ 100 Ω ist – Meßbereichswahl bezieht sich auf alle acht Kanäle
Analogeingabe passive Geber AE–PG	– Signalwandlung in 0...1 V – Anpassungsbaugruppe (Brückenschaltung)	4	–200... 50 °C –100... 0 °C – 60... 0 °C – 30...+ 30 °C – 20...+ 20 °C – 10...+ 30 °C 0...+ 40 °C 0...+ 60 °C 0...+100 °C 0...+200 °C 0...+300 °C 0...+400 °C	500	– eigensichere und nichteigensichere Ausführung – kein Leitungsabgleich unter der Bedingung, daß der Hin- und Rückleiterwiderstand ≦ 50 Ω ist – Widerstandsthermometer Typ Pt 100 TGL 0-43670

Tafel 4.12. (Fortsetzung)

Bezeichnung/ Kurzbezeichnung	Funktion	Anzahl der Kanäle	Meßbereich	Max. Entfernung Geber-Baugruppe	Bemerkungen
			0... + 500 °C + 50... + 150 °C + 100... + 200 °C + 100... + 400 °C + 200... + 400 °C + 300... + 550 °C Einheitsferngeber		– Einheitsferngeber Typ F 16.0 NA – Meßbereichswahl bezieht sich auf alle vier Kanäle
Analogeingabe Einzelverstärker AE–EV	– Signalwandlung in 0...1 V – Anpassungsbaugruppe (Signalverstärkung)	4	0... 10 mV 0... 20 mV 0... 50 mV 0...100 mV	500	– Meßbereichswahl bezieht sich auf alle vier Kanäle
Analogeingabe Trennverstärker AE–TV	– Signalwandlung in 0...1 V und galvanische Trennung des Gebersignalkreises vom Mikrorechnerbezugspotential – Anpassungsbaugruppe	4	0... 5 mA 0... 10 mA 0... 20 mA 0... 1 V 0... 10 V 0... 10 mV 0... 20 mV 0... 50 mV 0...100 mV	1000 500	– eigensichere und nichteigensichere Ausführung – kein Leitungsabgleich unter der Bedingung, daß der Hin- und Rückleiterwiderstand ≦ 100 Ω ist – Meßbereichswahl bezieht sich auf alle vier Kanäle
Analog/ Digital-Umsetzer Grundkarte ADU 612.03	– Signalanpassung und Umsetzung des analogen Meßwerts in einen Digitalwert – kommuniziert über den Systembus mit dem Rechnerkern – Signaldurchschaltung (Multiplexer) von 16 Kanälen	16	0... 5 mA 0... 20 mA 4... 20 mA 0... 1 V 0... 5 V	1000 500	– nur in nichteigensicherer Ausführung – Meßbereichswahl kann für jeden Kanal durch eine Wikkelprogrammierung festgelegt werden – Erweiterungseinheit ist unmittelbar neben der Grundeinheit anzuordnen – keine galvanische Trennung der Prozeßsignale

Tafel 4.12. (Fortsetzung)

Bezeichnung/ Kurzbezeichnung	Funktion	Anzahl der Kanäle	Meßbereich	Max. Entfernung Geber-Baugruppe	Bemerkungen
Analog/ Digital-Umsetzer Erweiterungskarte ADU 612.04	– Signalanpassung – Signaldurchschaltung (Multiplexer) von 16 Kanälen	16			– Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

4.2.1.3.2. Analogausgabe

Die Analogausgabe setzt digitale Signale in analoge um und gibt diese als Spannungs- oder Stromwerte aus. Sie dienen zur Ansteuerung von Stellantrieben, Anzeigeinstrumenten und Registriergeräten [4.13].
Die Baugruppen der Analogausgabe sind in Tafel 4.13 aufgeführt.

Tafel 4.13. Analogausgaben des Systems ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

Bezeichnung/ Kurzbezeichnung	Funktion/Verwendungszweck	Anzahl der Kanäle	Meßbereich	Max. Entfernung zum Ausgabeort m	Parameter
Analogausgabe, 1kanalig AA-1K	– setzt den vom Rechner ermittelten digitalen Ausgangswert in einen Analogwert um – Back-up-Umschaltung auf einen extern eingespeisten Analogwert – galvanische Trennung zwischen Ausgangssignalkreis und Systembus K1520 – vorzugsweise zur Ansteuerung von stetigen elektrischen Stellantrieben	1	−10 ... 0 ... +10 V 0 ... 10 V −5 ... 0 ... +5 mA 0 ... + 5 mA 1 ... + 5 mA 0 ... +20 mA 4 ... +20 mA	200	– Fehlerklasse: 0,1 – Temperaturdrift: 0,1%/10 K – Langzeitdrift: 200 h Drift ist im Grundfehler enthalten – max. Spannungsfestigkeit der galvanischen Trennung: 100 V – Einschwingzeit: 200 µs

Tafel 4.13. (Fortsetzung)

Bezeichnung/ Kurzbezeichnung	Funktion/Verwendungszweck	Anzahl der Kanäle	Meßbereich	Max. Entfernung zum Ausgabeort m	Parameter
Analogausgabe, 5kanalig AA-5K	– setzt die vom Rechner ermittelten digitalen Ausgangswerte in Analogwerte um – Die Kanäle untereinander wie auch die Ausgangssignalkreise zum Systembus K 1520 sind galvanisch verkoppelt – vorzugsweise zur Ansteuerung von Anzeige- und Registriergeräten	5	−10 ... 0 ... +10 V 0 ... +10 V −5 ... 0 ... +5 mA 0 ... + 5 mA 1 ... + 5 mA 0 ... +20 mA 4 ... +20 mA	200	– Fehlerklasse: 0,4 – Temperaturdrift: 0,4%/10 K – Langzeitdrift: 200 h Drift ist im Grundfehler enthalten – Einschwingzeit: 10 ms

4.2.1.3.3. Digitaleingabe

Zur Erfassung von digitalen Prozeßsignalen stehen die in Tafel 4.14 aufgeführten Baugruppen zur Verfügung.

Tafel 4.14. Digitaleingaben des Systems ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

Bezeichnung Kurzbezeichnung	Anwendungsbereich	Anzahl der Kanäle	Geberspannung	Max. Entfernung Geber – Baugruppe m	Bemerkungen
Digitaleingabe, statisch DES	– Erfassung von statischen Signalzuständen (zyklischer Betrieb) – Erfassung von relativ seltenen Signaländerungen (Interruptbetrieb) – Eingabe von Digitalworten	16	TTL ± 5% 5 V ±10% 12 V ±10% 24 V ±20% 48 V ±20% 60 V ±10%	100 200 1000	– Eingänge galvanisch entkoppelt – mögliche Betriebsarten der Abfrage: Zyklusbetrieb Interruptbetrieb Verzögerter Interruptbetrieb

Tafel 4.14. (Fortsetzung)

Bezeichnung Kurzbezeichnung	Anwendungsbereich	Anzahl der Kanäle	Geberspannung	Max. Entfernung Geber – Baugruppe m	Bemerkungen
Digitaleingabe, dynamisch DED	– Erfassung von Anreizsignalen – Erfassung von Impulsfolgen niedriger Frequenz – Erfassung von Signaländerungen – Erfassung von relativ seltenen kurzen Impulsen	16	TTL ± 5% 5 V ±10% 12 V ±10% 24 V ±20% 48 V ±20% 60 V ±10%	100 200 1000	– Eingänge galvanisch entkoppelt – mögliche Betriebsarten der Abfrage: Interruptbetrieb Verzögerter Interruptbetrieb
Digitaleingabe, statisch mit kurzschlußfestem Treiber DES-KT	– Koppelbaugruppe zum Steuerungssystem ursalog 4000 – Erfassung von statischen Signalzuständen – Eingabe von Digitalwörtern	32	24 V±20%	800	– Eingänge besitzen keine galvanische Entkopplung – Zyklusbetrieb – Eingangsbedingungen sind durch D410 geprägt – Eingangsstrom je Eingang 0,3 mA
Digitaleingabe, multiplex DEM	– Abfrage einer großen Anzahl von Kontakten zum Zweck der Protokollierung – Einsatz in Steuerungen, wo statische Signalzustände von größerer Anzahl bei geringer Prozeßdynamik erfaßt werden sollen	128	12 V±20% 24 V±20% 48 V±20% 60 V±10%	350 600	– Eingänge galvanisch entkoppelt – Zyklusbetrieb – 16 Gebergruppen werden zu je 8 Bit (Kanäle) parallel von der DEM übernommen – Gebergruppen werden durch vorgelagerte DEM-Rangierverteiler organisiert
Universalimpulszähler UIZ	– Impulszähler (Stückgutzählung) – Auswertung von Signalhäufigkeiten (Frequenzmessung) – Ansteuerbaugruppe von Dosiervorgängen	Vier Eingänge ein Ausgang	TTL ± 5% 5 V ±10% 12 V ±20% 24 V ±20% 48 V ±20% 60 V ±10%	100 200 1000	– Ein- und Ausgänge galvanisch entkoppelt – Folgende Betriebsarten sind strukturierbar: Impulszähler Frequenzmesser Zeitmesser Zeitimpulsgeber

4.2.1.3.4. Digitalausgabe

Zur Ausgabe digitaler Signale an den Prozeß dienen die in Tafel 4.15 aufgeführten Baugruppen.

Tafel 4.15. Digitalausgaben des Systems ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

Bezeichnung/ Kurzbezeichnung	Anwendungsbereich	Anzahl der Kanäle	Max. Parameter der Ausgangsstufen	Max. Entfernung zum Ausgabeort m	Bemerkungen
Digitalausgabe mit Relais DA-R	– Ansteuerung von Leistungsschaltern – Ansteuerung von unstetig arbeitenden Stelleinrichtungen – Ausgabe von Digitalwörtern	24	60 V Gs. oder Ws. 0,5 A 10 W	800	– Ausgabeelement: Relais (Schließer) – Ausgänge können statisch und dynamisch betrieben werden – niedrige Ausgabegeschwindigkeit ($20\ s^{-1}$)
Digitalausgabe statisch mit Haftrelais DAS-H	– aus sicherheitstechnischen Gründen die Ausgabeformation auch bei Hilfsenergieausfall der Baugruppe erhalten	8	60 V Gs. oder Ws. 0,4 A 6 W	800	– Ausgabeelement: Haftrelais mit Wechsler – niedrige Ausgabegeschwindigkeit
Digitalausgabe mit Transistor DA-T	– Ansteuerung von Zwischenrelais – Ansteuerung von Signallampen – Ausgabe von Digitalwörtern	32	60 V Gs. 0,12 A 7,2 W	500	– Ausgabeelement: Transistor – keine galvanische Trennung – keine elektronische Sicherung des Ausgangstransistors – mittlere bis hohe Ausgabegeschwindigkeit
Digitalausgabe statisch mit kurzschlußfestem Treiber DAS-KT	Koppelbaugruppe zum Steuerungssystem ursalog 4000	32		800	– Ausgabeelement: D 410 – keine galvanische Trennung – kurzschlußfest – mittlere bis hohe Ausgabegeschwindigkeit
Digitalausgabe mit Optokoppler DA-O	– Ansteuerung von elektronischen Baugruppen/Geräten – Ansteuerung von Signallampen	16	60 V Gs. 0,1 A 3 W	800	– Ausgabeelement: Transistor – galvanisch getrennte Ausgangskreise – mittlere Ausgabegeschwindigkeit
Impulsausgabe IA	– vorzugsweise zur Ansteuerung von rechnergeführten Leitgeräten – Ansteuerung von Geräten, die impulslängenmodulierte Eingangssignale oder Impulszahleingänge mit oder ohne Vorzeichen benötigen	vier Impulslänge oder zwei Impulszahl	Relais: 60 V Gs. oder Ws. 0,5 A 10 W Transistor: 60 V Gs. 0,12 A	800	Ausgabeelement: Relais oder Transistor (wickelprogrammierbar)

4.2.1.4. Koppelbaugruppen für Kommunikation und periphere Geräte

Die zum Einsatz kommenden Baugruppen sind in Tafel 4.16 aufgeführt. Dem technischen Fortschritt entsprechend werden diese Baugruppen ergänzt.

Tafel 4.16. Koppelbaugruppen für Kommunikations- und periphere Geräte des Systems K 1520 (VEB Kombinat Robotron) und des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Verwendungszweck	Bemerkungen
Anschlußsteuerung für Tastatur und IFSS	ATS K 7028.10	– Anschluß von peripheren Geräten und Baugruppen über zwei unabhängige IFSS-Kanäle gemäß KROS-R 5006 – standardgemäßer Anschluß an die DEKK-Tastatur entsprechend KROS-R 5103	– Einsatz in der autonomen Automatisierungseinheit vorbehalten – busseitige Anschlußart über indirekte Steckverbinder – Übertragungsgeschwindigkeit: IFSS 150 ... 9600 Bit/s V. 24 200 ... 9600 Bit/s – max. Übertragungsentfernung: 3 m
Anschlußsteuerung für Tastatur, IFSS und V. 24	ATS K 7029.20	– wie ATS K7028.10 – CCITT-V. 24-Schnittstelle gemäß V. 28 bzw. TGL 29077/02	
Anschlußsteuerung Bildschirm	ABS K 7023.01	Anschluß von Schwarzweißmonitoren der Typen K 7221.11 (Einbaugerät) K 7221.21 (Auftischgerät)	– Einsatz in der autonomen Automatisierungseinheit vorbehalten – busseitige Anschlußart über indirekte Steckverbinder – max. Übertragungsentfernung: 3 m
Ansteuerung für Ziffernanzeige	DUA 401	Anschluß von Ziffernanzeigebaustein FAV 401 Dezimalzahlen einschließlich variablem Dezimalpunkt bis zu acht Stellen in 7-Segment-Darstellung	– max. Übertragungsentfernung: 200 m – kein galvanisch getrennter Ausgang – Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow
Anschlußsteuerung für daro-Geräte	ADA K 6022	Anschluß von daro-Geräten, wie Seriendrucker daro 1156 Lochbandleser daro 1210 Lochbandstanzer daro 1215	– Die Verbindung zwischen peripherem Gerät und ADA K 6022 erfolgt mittels Interfacekabels – Übertragungsentfernung: 20 m
Anschlußsteuerung für Bedientastatur	AST 223.01	Anschluß der Bedientastatur BDT 225.01/02	– BDT 225.01/02 ist eine systemspezifische Tastatur für Kleinverbund- und Großverbundanlagen – Übertragungsentfernung: 10 m – Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow
Anschlußsteuerung für Farbmonitor	ABS K 7029.16	Ansteuerung des Farbmonitors K 7226.10	– besteht aus zwei Steckeinheiten – Übertragungsentfernung: 20 m
Anschlußsteuerung für Kassettenmagnetbandgerät	AKB K 5020	Anschluß von ein oder zwei Kassettenmagnetbandgeräten K 5200	Übertragungsentfernung: 5 m

4.2.1.5. Systemüberwachung

Zu den Überwachungsbaugruppen in der Grundeinheit gehören

der Überwachungsbaustein
die Digitalausgabe mit Relais.

Beide Baugruppen arbeiten am Systembus K1520 und ermöglichen damit die Systemüberwachung der in der Grundeinheit angeordneten Baugruppen.
Überwachungsbaustein. Der Überwachungsbaustein überwacht die Signale TAKT, RDY, WAIT und drei extern aufschaltbare Eingänge. Neben der Überwachungsfunktion bildet der Überwachungsbaustein aus dem Netzausfallsignal NA den nichtmaskierten Interrupt NMI und aus dem Spannungsausfallsignal SA das RESET. Die überwachten Signale werden optisch signalisiert und zur Bildung eines Fehlersammelsignals verwendet. Das Fehlersammelsignal steht dem Anwender in Form von zwei Relaiskontakten (Wechsler) zur Verfügung.
Digitalausgabe mit Relais. Die Baugruppe dient zur Umsetzung von softwaremäßig erkannten Fehlern in eine hardwaremäßig darzustellende Fehlerdiagnose.

4.2.1.6. Service und Inbetriebnahme

Zu Service- und Inbetriebnahmeleistungen stehen die Bedieneinheiten von VEB Kombinat Robotron und die Serviceeinheit vom Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin zur Verfügung [4.14]. Die entsprechenden Anschlußeinheiten sind in Tafel 4.17 aufgeführt. Zusätzlich wird der Tastatur- und Anzeigevorsatz in autonomen Automatisierungseinrichtungen eingesetzt.

Tafel 4.17. Service- und Inbetriebnahmebaugruppen des Systems ursadat 5000 und des Systems K1520 (VEB Kombinat Robotron)

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Verwendungszweck
Anschlußeinheit für Serviceeinheit	SE–AS 2351	Anschluß für Serviceeinheit ursatron 5000 Anschluß an den K1520-Bus ohne den Programmablauf des Anwendersystems zu beeinflussen Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin
Anschlußeinheit für Bedieneinheit	ABD K 7022	Anschluß für Bedieneinheit K 7622 Hersteller: VEB Kombinat Robotron
Kontrollmodul	KOMO 3705	Überwachung und Systembedienung in Verbindung mit einem Tastatur- und Anzeigevorsatz TAV in autonomen Automatisierungseinrichtungen Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin

4.2.2. Ergänzungsbaugruppen

In Ergänzung zum System ursadat 5000 ist der Einsatz der in Tafel 4.18 aufgeführten Baugruppen möglich. Die einzusetzenden Baugruppen sind im Bild 4.33 dargestellt.

Tafel 4.18. Ergänzungsbaugruppen des Systems ursalog 4000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin) und des VEB Geräte- und Regler-Werke Leipzig

Bezeichnung	Funktion	Hilfsenergie	Bemerkungen
Sicherungsbaugruppe	– Absicherung von drei Stromkreisen möglich (Schmelzsicherung) – elektronische Sicherungsüberwachung – optische Signalisation und Abgabe eines elektronischen Sammelsignals bei Sicherungsausfall	24 V ±25 %	– Baugruppe gehört zum System ursalog 4000 – nur für Gleichspannungskreise geeignet – Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin
Kontaktbelastungsbaugruppe	– zusätzliche Erhöhung des Kontaktstroms über die Geberkontakte – mittels Widerstandskombinationen im Bereich von 10 bis 100 mA zusätzliche Kontaktbelastung möglich	keine	– Baugruppe gehört zum System ursalog 4000 – Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin
Sicherungsbaustein CS 01	– Absicherung von fünf Stromkreisen mittels Feinsicherungen	keine	– Baugruppe 120 mm hoch und 30 mm breit – keine elektronische Auswertung – sollte nur zur Absicherung von Wechselstromkreisen verwendet werden – Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Leipzig

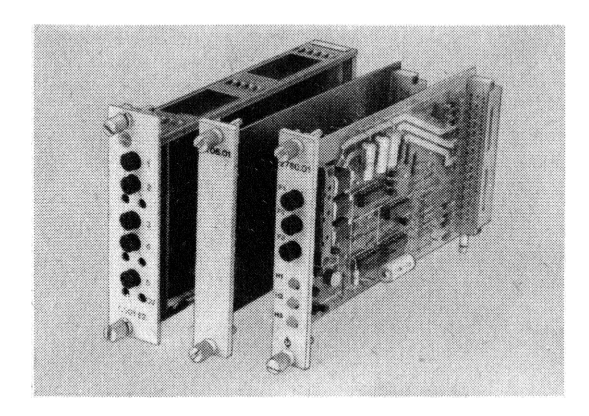


Bild 4.33. Ergänzungsbaugruppen
von links nach rechts: Sicherungsbaustein CS 01, Kontaktbelastungsbaugruppe, Sicherungsbaugruppe

4.2.3. Stromversorgung für die Baugruppen

4.2.3.1. Netzanschlußeinheit

Die Netzanschlußeinheit (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) ist eine Baugruppe in Einschubtechnik mit einer Höhe von 120 mm. Sie stellt die zentrale Baugruppe zur Netzverteilung in den informationsverarbeitenden Einrichtungen, den sog. Basissteuereinheiten, dar (Bild 4.34).

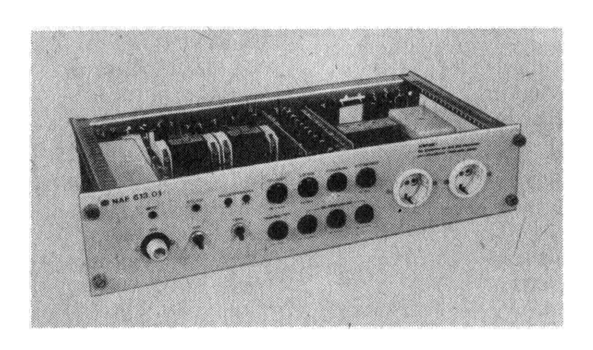


Bild 4.34. Netzanschlußeinheit (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Funktionsinhalt/-elemente:

- Hauptsicherung mit optischer Signalisation „Netz liegt an“
- Feinsicherungen für Servicesteckdosen, Lüfter, diverse Meldespannungen
- Einschalt/Ausschalt-Element für Fernbedienung
- Netzfilter
- Zuschaltstrombegrenzung der Stromversorgungsmodule
- Systemanschluß für drei Lüfterkassetten
- Erzeugung einer unstabilisierten 24-V-Gleichspannung
- Servicesteckdosen.

4.2.3.2. Einspeisemodul

Das Einspeisemodul (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) ist die zentrale Baugruppe der Netzeinspeisung für die Einrichtungen der Prozeßleit- und Kommunikationsebene (Bild 4.35).

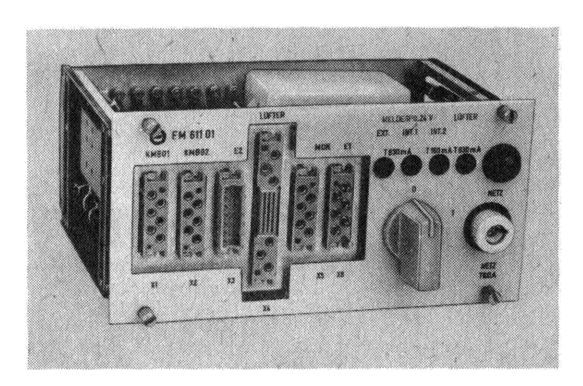


Bild 4.35. Einspeisemodul (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Funktionsinhalt/-elemente:

Hauptsicherung
Einschalt/Ausschalt-Element mit optischer Signalisation
Netzfilter
Systemanschluß für eine Lüfterkassette einschließlich Absicherung
Meldespannungserzeugung 24 V ± 25 %
Anschlußadapter zur Hilfsenergieversorgung für zwei Kassettenmagnetbandgeräte
Anschluß für Netz- und Sondersignale
konstruktive Ausführung: EGS-Einschub 240 mm × 120 mm × 240 mm.

Tafel 4.19. Überwachungsbaugruppen des Systems ursadat 5000 und des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Funktion	Bemerkungen
Netzausfall-analysator	NAA	– überwacht die Netzspannung auf Einhaltung der unteren Toleranzgrenze – Bei Unterschreitung der unteren Toleranzgrenze wird ein Netzausfallsignal ($\overline{NA}$) erzeugt	– 40 mm Baugruppenbreite – Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin
Fehleranzeigebaustein	FAB	– zentraler Überwachungsbaustein des Systems der Eigendiagnose – beinhaltet folgende Funktionen: optische Signalisation bei Ausfall der Hilfsenergie optische Signalisation der von den Komparatorbaugruppen überwachten Ausgangsspannung und Bildung des Spannungsausfallsignals ($\overline{SA}$) Ausfallüberwachung und -signalisation (optisch) der Funktion des Mikrorechners (Elektronikfehler) Ausfallüberwachung und -signalisation (optisch) der Gesamtfunktion des Mikrorechners und Umschaltung auf Back-up-Betrieb Zur Auswertung des Back-up-Betriebs stehen zwei Wechsler zur Verfügung Steuerung der Zu- und Abschaltfolge der Rechnerkernspannung optische Anzeige der Baugruppenadresse von Baugruppen, die in der Grundeinheit angeordnet sind und fehlerbehaftet am Systembus K 1520 arbeiten	– 40 mm Baugruppenbreite – Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Tafel 4.19. (Fortsetzung)

Bezeichnung	Kurzbe-zeichnung	Funktion	Bemerkungen
Komparator-baugruppe	Komp-BG 1046	– Überwachung der DEKK-Ausgangsspannungen auf Unterschreitung der unteren Spannungstoleranzgrenze – überwachbare Spannungen +24 V, +5 V oder +12 V oder +15 V, +15 V bis 24 V einstellbar und potentialfrei	– 20 mm Baugruppenbreite – Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin
Komparator-baugruppe	Komp-BG 1059	– Überwachung der DEKK-Ausgangsspannungen auf Unterschreitung der unteren Spannungstoleranzgrenze – überwachbare Spannungen −15 V, +15 V, +5 V oder +24 V, +5 V oder +12 V oder +15 V	– 20 mm Baugruppenbreite – Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin
Spannungs-überwa-chungsbau-gruppe	SUB612	– Überwachung der DEKK-Ausgangsspannungen auf Unterschreitung der unteren Spannungstoleranzgrenze – überwachbare Spannungen −5 V, +12 V, +5 V, +5 V	– 20 mm Baugruppenbreite – Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow
Überwa-chungsbau-stein	UB1580	– Überwachung der DEKK-Ausgangsspannungen auf Unterschreitung der unteren Spannungstoleranzgrenze – Über Drehwahlschalter können die Teilspannungen angewählt werden; die Toleranzgrenzen werden optisch signalisiert – Bildung des Spannungsausfallsignals – überwachbare Spannungen: −5 V, +12 V, +5 V, +5 V	– 80 mm Baugruppenbreite – wird nur im Pultsteuerrechner eingesetzt – Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin

4.2.3.3. Überwachungsbaugruppen

Die Stromversorgung als Grundvoraussetzung für die Funktionstüchtigkeit der Automatisierungseinrichtung besitzt eine detaillierte Eigendiagnose, deren Baugruppen in Tafel 4.19 enthalten sind. Die Einbauhöhen der Baugruppen entsprechen dem 160 mm hohen Baugruppeneinsatz C1.

4.2.3.4. Stromversorgungsmodule

Die Stromversorgung ist mit Modulen der Einheitsbaureihe DEKK aufgebaut (Bild 4.37). Es sind Schaltnetzteile, deren Signalflußstruktur im Bild 4.36 dargestellt ist.

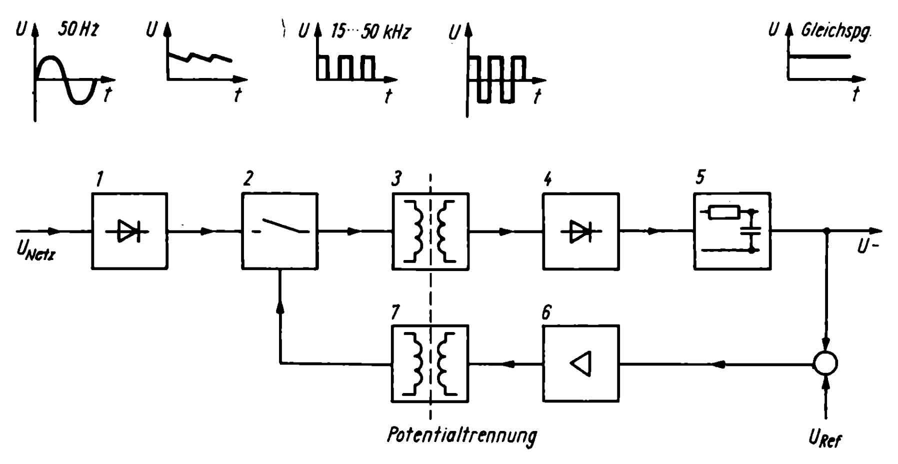


Bild 4.36. Schaltnetzteil

1 netzseitiger Gleichrichter; *2* elektronischer Schalter; *3*, *7* Übertrager; *4* sekundärseitiger Gleichrichter; *5* Glättungsglied; *6* Verstärker

Tafel 4.20. DEKK-Stromversorgungsmodule des VEB Kombinat Robotron, die im Automatisierungssystem audatec eingesetzt werden

Kurzbezeichnung	Toleranz der Eingangsspannung	Ausgangsspannung U_a	Toleranz von U_a	Leistungsklasse	Modulbreite mm
STM	50 Hz + 26% − 6% 220 V + 10% − 17%	5 V 12 V 15 V 24 V	±3%	25 W[1]	45
		5 V 12 V 15 V 24 V		50 W	45
		5 V 12 V 24 V		100 W	75
STZ[2]		−5/+5/+12/+12 −5/+5/+ 5/+12		75 W	70

1) Die 25-W-Module weisen nur die halbe Einbauhöhe auf, so daß zwei Module übereinander angeordnet werden können.

2) Das Betreiben eines StZ geht nur in Verbindung mit einem STM (außer 25-W-Typ), da das StZ eine Hilfsspannung vom STM benötigt.

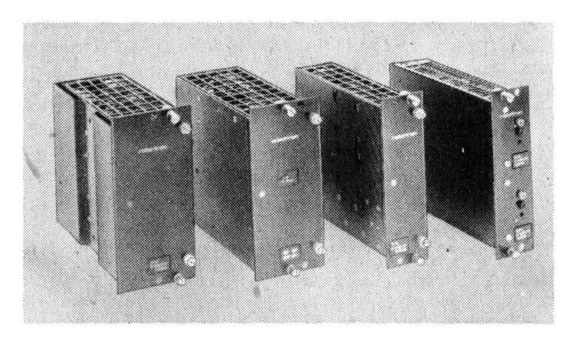


Bild 4.37. DEKK-Stromversorgungsmodule (VEB Kombinat Robotron)
von links nach rechts: STM K 0362, STZ K 0367, STM K 0361, 2 STM K 0360

Tafel 4.21. Stromversorgungsmodule für Sonderfunktionen (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)

Bezeichnung	Funktion/Verwendung	Eingang	Ausgang	Bemerkungen
Trennetzteil 1542.01	dient zur separaten Einspeisung der Meßsignaleingangskreise passiver Geber in Verbindung mit der AE-TV	+15 V ± 3% + 5 V ± 5%	4x ± 15 V ± 3%	– nicht eigensicher – Einbauort: Analogeinheit AE – Baugruppenbreite: 20 mm
Trennetzteil 1542.02	wie .01	+ 15 V ± 3%	4x ± 15 V ± 3%	– eigensicher – Eingang muß aus dem Netzteil 1562 gespeist werden – Einbauort: Analogeinheit AE – Baugruppenbreite: 20 mm
Netzteil 1562.01	spezielles Netzteil zur Erzeugung der ±15 V unter Beachtung der Festlegungen zur Eigensicherheit	24 V ± 25% 3,0 A	2x ± 15 V ± 3% 1,5 A	– für eigensichere Meßkreise – Einbauort: gesonderter Stromversorgungsbaugruppeneinsatz zusammen mit Netzteil 1510.01
Fremdspannungssicheres Netzteil 1510.01	bei eigensicherer Ausführung der Analogeingabe zur fremdspannungssicheren Speisung des Netzteils 1562.01	$220\ V\ ^{+10\%}_{-15\%}$ 50 Hz	24 V ± 25% 4,5 A	– für eigensichere Meßkreise – Einbauort: gesonderter Stromversorgungsbaugruppeneinsatz zusammen mit dem Netzteil 1562.01

Die in Tafel 4.20 angegebenen Stromversorgungsmodule sind durch folgende Eigenschaften charakterisiert [4.15]:

galvanische Trennung zwischen Netz und Ausgangsspannung
Schutz vor Überstrom und Überspannung
Eingang zur elektronischen Abschaltung der Ausgangsspannung mittels externen Steuersignals
Fernfühleranschluß zur Kompensation des Spannungsabfalls auf den Leitungen zum Verbraucher
maximale Spannungskompensation +3 % von U_N
Nach dem Baukastenprinzip können Stromversorgungseinheiten zusammengestellt werden.
Einbau in einem 160 mm hohen Baugruppeneinsatz C 1.

4.2.3.5. Stromversorgungsmodule für Sonderfunktionen

Sonderstromversorgungsmodule werden zur Speisung der Eingangssignalkreise der Anpassungsbaugruppe Analogeingabe für passive Geber AE-PG in Zusammenschaltung mit der Trennverstärkerbaugruppe AE-TV benötigt und zum Aufbau einer eigensicheren Analogeingabe. Die zum Einsatz kommenden Stromversorgungsmodule sind in Tafel 4.21 aufgeführt [4.16].

4.2.4. Lüfterkassette

Die Lüfterkassette (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) enthält drei Lüfterbausteine Typ 1459.1 (TGL 36958) mit optoelektronischer Laufüberwachung. Die Kassette ist in Einschubtechnik ausgeführt mit den Abmessungen 480 mm × 215 mm × 80 mm ($b \times t \times h$). Die Lüfterkassette ist konstruktiv so ausgelegt, daß sie während des Betriebs der Einrichtung ausgewechselt werden kann (Bild 4.38).

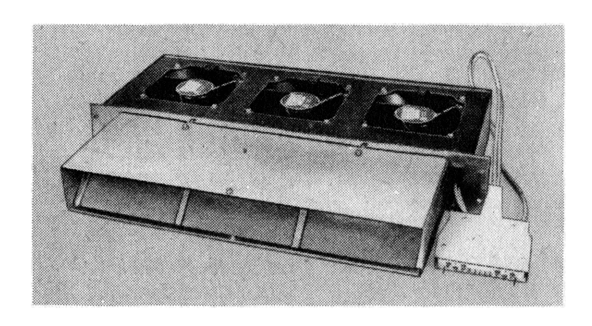


Bild 4.38. Lüfterkassette (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Parameter:

Netzspannung	220 V + 10 %, – 15 %
Netzfrequenz	50 Hz ± 3 %
	60 Hz + 1 %, – 3 %
Versorgungsspannung der Laufüberwachung	24 V ± 25 %
Betriebsart	Dauerbetrieb
Zuverlässigkeit nach TGL 26096/03	
Mittlere Betriebszeit bis zum ersten Ausfall	etwa 20 000 h

4.2.5. Anschluß- und Verbindungsbaugruppen

Der Informationsaustausch zwischen Prozeß- und dezentraler Informationsverarbeitungseinrichtung erfordert eine Anschluß- und Verbindungstechnik, deren Baugruppen in Tafel 4.22 aufgeführt sind [4.17].

Tafel 4.22. Anschluß- und Verbindungselemente

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Aufbau/Verwendungszweck	Bemerkungen
EGS-Klemmblock	–	– besteht aus Trägerplatte, Befestigungselementen und 15 Federkraftklemmen (TGL 38807) – ermöglicht externen, lösbaren Anschluß massiver und flexibler Leiter mit einem Anschlußdrahtdurchmesser 0,5 . . . 2,0 mm – Ausgangsseitig besitzt jede Federkraftklemme einen Wickel- und Lötanschluß – für Prozeßkabelanschluß	Hersteller: VEB Plastelektronik und Spezialwiderstände Dresden (Bild 4.39)
EFS-Verteilerleiste	–	– Löt/Wickelausführung, 30polig Typ 525/30 TGL 29331 – anlötbarer Drahtdurchmesser maximal 0,7 mm – für Prozeßkabelanschluß	Hersteller: VEB Kontaktbauelemente und Spezialmaschinenbau Gornsdorf
Anschlußkabel	AK	bestehend aus – EFS-Verteilerleiste Typ 555/30 TGL 29331 – Systemkabel – EFS-Steckverbinder mit Griffschale realisiert Signalumsetzung von der Gefäßanschlußebene zu den Prozeß- Eingabe/Ausgabebaugruppen	Entsprechend Variantenvielfalt der Prozeß-Eingabe/ Ausgabebaugruppen gibt es Varianten in den Ausführungen der Anschlußkabel Hersteller: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow (Bild 4.40)
Verbindungskabel	VK	sind Systemkabel mit EFS-Steckverbinder, die zur frontseitigen Verbindung zwischen den Anpassungsbaugruppen und Expander- bzw. Grundkarte benötigt werden	Entsprechend der unterschiedlichen Kanalzahl der Anpassungsbaugruppen gibt es mehrere Verbindungskabel Hersteller: Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin (Bild 4.41)

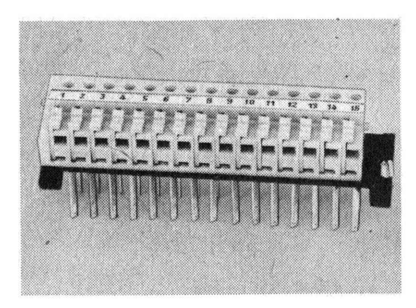


Bild 4.39. EGS-Klemmenblock

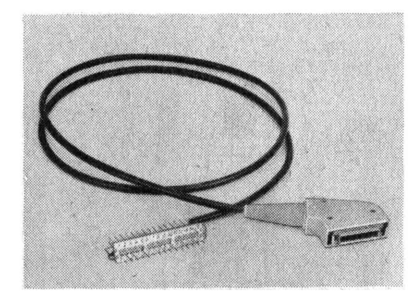


Bild 4.40. Anschlußkabel

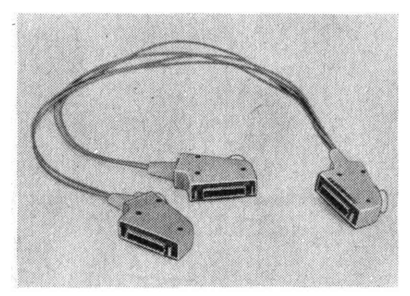


Bild 4.41. Verbindungskabel

4.3. Automatisierungseinrichtungen

4.3.1. Einrichtungen der dezentralen Informationsverarbeitungsebene

Die dezentrale Informationsverarbeitung erfolgt in autark arbeitenden Verarbeitungseinrichtungen mit Mikrorechner, die als Basissteuereinheiten bezeichnet werden (Bild 4.42). Hauptbestandteil der Basissteuereinheit ist die ursadat-Grundeinheit des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin. In einer Basissteuereinheit können maximal zwei Grundeinheiten und eine Analogeinheit oder eine Grundeinheit und zwei Analogeinheiten angeordnet werden.

4.3.1.1. Konstruktiver Aufbau der Basissteuereinheit

Die Basissteuereinheit ist konstruktiv ein Schrank des Einheitlichen Gefäßsystems EGS, der die Einzel- oder Reihenaufstellung gestattet. Entsprechend Bild 4.43 gliedert sich die Basissteuereinheit in folgende konstruktive Bestandteile:

Schrank
Gefäßanschlußebene
Bestückungsebene.

4.3.1.1.1. Schrank Basissteuereinheit

Für die Basissteuereinheit wird der EGS-Schrank Nb 1000 verwendet. Die Nennmaße betragen 1000 mm × 2000 mm × 400 mm ($b \times h \times t$). Der Schrank (Bild 4.44) ist vor- und rückseitig mit je zwei Türen ausgestattet. Der Lüftungsschlitz ist je nach Schutzgradausführung mit oder ohne Lüftungsvorsatz (Spritzwasserschutz bei IP 43) ausgerüstet.

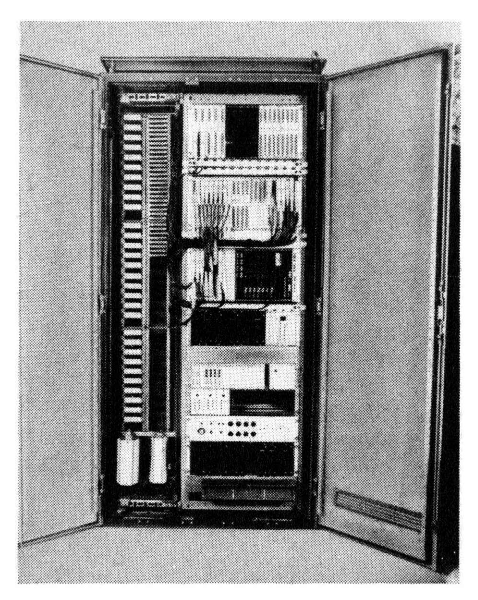


Bild 4.42. Realaufnahme Basissteuereinheit (geöffnet)

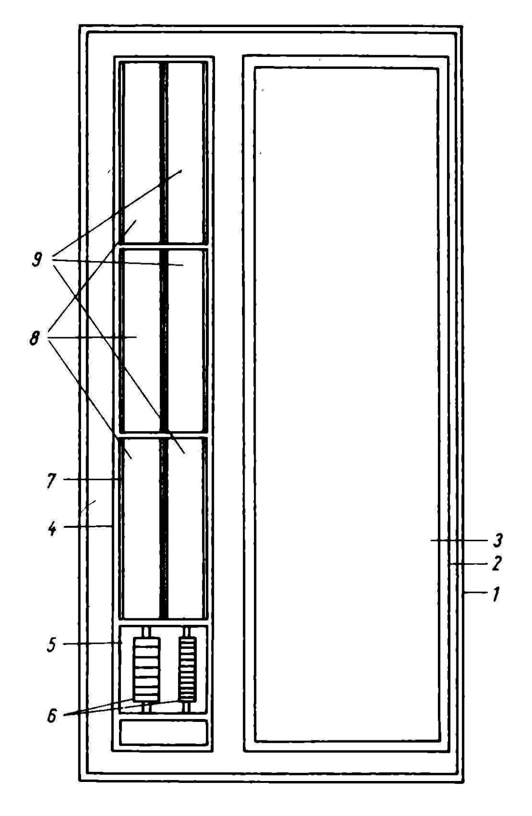


Bild 4.43. Konstruktiver Aufbau der Basissteuereinheit des audatec-Systems (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

1 Schrank Nb 1000; *2* Schwenkrahmen Nb 1000; *3* Bestückungsebene; *4* Gefäßanschlußebene; *5* Anschlußfeld Einspeisung; *6* Buchsenleisten NG 2,5, NG 16; *7* Rahmen 7.2; *8* Prozeßanschlußfeld; *9* Kartenanschlußfeld

Die Basissteuereinheit ist für den Einsatz in Warten- und Wartennebenräumen und in Betriebsräumen innerhalb von Gebäuden mit Bedienpersonal vorgesehen. Gemäß den zulässigen Einsatzklassen nach TGL 32991/08 und TGL 22500/03 sind die in Tafel 4.23 angegebenen Einsatzvarianten vorgesehen:

Schutzklasse nach TGL 21366
Schutzgüte ohne Restgefährdung
Aufstellungsort: Einzelschrank oder Schrankreihe
Masse (nach Aufrüstungsgrad): 300 bis 350 kg.

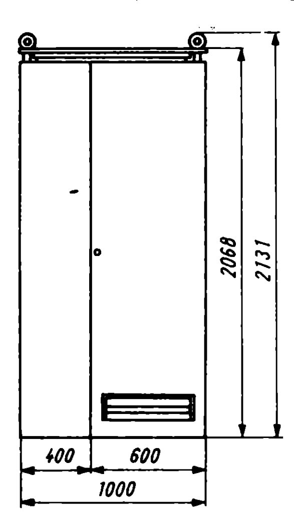


Bild 4.44. Schrank Nb 1000 des Einheitlichen Gefäßsystems (EGS)

Tafel 4.23. Schutzgrad und Einsatzklasse

	Warten- und Wartennebenräume	Betriebsräume in Gebäuden mit Bedienpersonal
Schutzgrad nach TGL RGW 778	IP 20	IP 43
Einsatzklasse nach TGL 9200/03	+5/+40/+25/80//1101	+5/+45/+25/80//3101

4.3.1.1.2. Gefäßanschlußebene

Die Gefäßanschlußebene stellt die Schnittstelle zwischen der dezentralen Informationsverarbeitungseinrichtung (Basissteuereinheit) und der technologischen Anlage dar. Sie besteht aus einem Metallrahmen, in dem die EGS-Rahmen 7.2 (TGL 25071) sowie die Buchsenleisten NG 2,5 und NG 16 befestigt sind. Die EGS-Rahmen 7.2 dienen zur Aufnahme von Anschlußelementen.

Die Gefäßanschlußebene gliedert sich ihrer Funktion nach in das

Prozeßanschlußfeld
Kartenanschlußfeld
Anschlußfeld Einspeisung.

Prozeßanschlußfeld. Die Prozeßkabel, die von unten in die Basissteuereinheit eingeführt sind,

werden über eine Kabelabfangeinrichtung auf dem Prozeßanschlußfeld abgelegt. Als Anschlußelement dient der EGS-Klemmblock oder die EFS-Verteilerleiste.

Das Prozeßanschlußfeld besitzt unter Verwendung des EGS-Klemmblocks maximal 675 Anschlußpunkte.

Bei Einsatz der EFS-Verteilerleiste übersteigt die Anschlußpunktezahl die Anschlußmöglichkeiten der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen.

Kartenanschlußfeld. Das Kartenanschlußfeld dient zur Aufnahme der Anschlußkabel. Die Verbindung zwischen dem Kartenanschluß- und dem Prozeßanschlußfeld wird mittels Rangierung realisiert.

Anschlußfeld Einspeisung. Das Anschlußfeld Einspeisung enthält zwei Reihen Buchsenleisten (NG 2,5 und NG 16) und dient zum Anschluß.

Einspeisung 220 V, 50 Hz Ws.
externe 24-V-Meldespannung
Relaiskontakt des UEW-Sammelfehlerausgangs
Relaiskontakt der Back-up-Umschaltung vom Fehleranzeigebaustein
  an das Mikrorechnerbezugspotential der Basissteuereinheit
  an den Sternpunkt Prozeßkabelschirme (Common)
externe Einspeisung der binären Geberstromversorgung.

4.3.1.1.3. Bestückungsebene

Die Bestückungsebene ist konstruktiv als Schwenkrahmen Nb 1000 ausgeführt (400 mm breit) und dient zur Aufnahme der Gefäße 2. Ordnung (Baugruppeneinsätze und Einschubträger) sowie der Lüfterkassetten (Tafel 4.24).

Tafel 4.24. Baugruppeneinsätze und Einschubträger der Bestückungsebene

Bezeichnung	Kurzbezeichnung	Aufbau/Verwendungszweck
Stromversorgungskassette	SVK	– Baugruppeneinsatz C1 160 mm hoch (TGL 25071) – Aufnahme für Überwachungsbaugruppen und Stromversorgungsmodule
Grundeinheit	GE	– Baugruppeneinsatz C1 240 mm hoch mit einer gedruckten Rückverdrahtung (System- und Koppelbus des K 1520) gemäß TGL 37271 – 24 Steckplätze im Raster von 20 mm – zwei Gleitschienen je Steckplatz – Aufnahme für die im Abschn. 4.2.1. aufgeführten Baugruppen
Analogeinheit	AE	– Baugruppeneinsatz C1 240 mm hoch mit Koppelbus – max. 24 Steckplätze im Raster von 20 mm – zwei Gleitschienen pro Steckplatz – Aufnahme nur für Anpassungsbaugruppen und Trennetzteil
Ergänzungsbaugruppeneinsatz	EB	– Baugruppeneinsatz C1 120 mm hoch (TGL 25071) – Aufnahme für ursalog 4000-Baugruppen
Einschubträger		Aufnahme für Netzanschlußeinheit gemäß TGL 25072

Kriterien zum Aufbau der Bestückungsebene

Zu beachten sind folgende Aspekte:

- untere Lüfterkassette durch den Lüftungsschlitz in der Tür fixiert
- möglichst kurze Netzleitungen zu den 220-V-Ws-Verbrauchern (Störspannungsbeeinflussung)
- möglichst kurze Zuleitungen der Rechnerkernspannungen (Minimierung des Spannungsabfalls auf den Zuleitungen)
- maximal 32 Baugruppen adressierbar.

Unter Berücksichtigung der obengenannten Aspekte sind folgende *Aufrüstungsvarianten* möglich:

- Lüfterkassette mit Tubus
- Stromversorgungskassette 2 (SVK 2)
  Je nach Auslegung der Stromversorgung wird die SVK 2 als Ergänzung benötigt. Entfällt die SVK 2, bleibt der Platz frei.
- Einschubträger für Netzanschlußeinheit
- Ergänzungsbaugruppeneinsatz
  Maximal 3 Stück möglich, unter der Voraussetzung, daß keine Analogeinheit benötigt wird (z. B. bei Binärsteuerungen).
- Lüfterkassette
  Zur Luftstromerhöhung durch die darüberliegende Stromversorgungskassette 1.
- Stromversorgungskassette 1
- Freiraum von 40 mm für frontseitig angeordneten Kabelführungskanal
- Grundeinheit 1

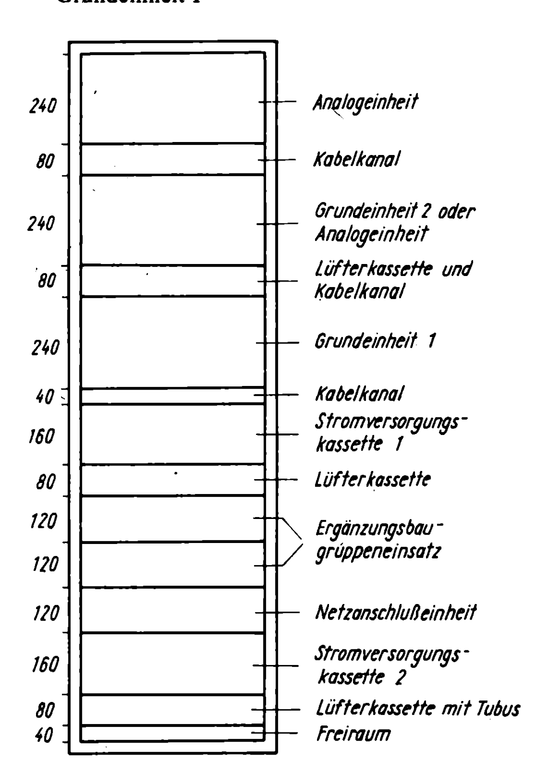


Bild 4.45. Ausrüstungsbeispiel der Bestückungsebene

- Lüfterkassette
- Grundeinheit 2 oder Analogeinheit
  Wird durch die Art und Anzahl der Prozeßein- und -ausgabebaugruppen bestimmt.
- Freiraum von 80 mm für frontseitig angeordnete Kabelführungskanäle
- Analogeinheit.

Ein Ausrüstungsbeispiel für die Bestückungsebene ist im Bild 4.45 dargestellt.

Belegungsrichtlinien der Grundeinheit

Aufgrund der unterschiedlichen Leistungsmerkmale und Einsatzgebiete der autonomen Automatisierungseinheit einerseits und dem Klein- bzw. Großverbund andererseits gibt es zwei wesentliche Unterschiede in der Bestückung der Grundeinheit.

1. Autonome Automatisierungseinrichtungen besitzen keine Baugruppen des seriellen Zwischenblockinterfaces (ZI-SE, ZI-ÜE).
2. Der Einsatz von Koppelbaugruppen für Kommunikations- und periphere Geräte in der Basissteuereinheit ist nur der autonomen Automatisierungseinrichtung vorbehalten.

Die nachfolgend genannten *Belegungsrichtlinien* gelten generell für Grundeinheiten der Basissteuereinheit:

- Die Baugruppenanordnung erfolgt von der höheren zur niedrigeren Priorität in der Interruptkette des K1520 von rechts nach links.
- Die Grundeinheit 1 ist diejenige Grundeinheit, die den K1520 (ZRE) enthält.
- Das Überwachungsmodul besitzt die höchste Priorität, gefolgt von der zentralen Recheneinheit (ZRE).
- Service- und Inbetriebnahmeanschlußeinheiten sind unmittelbar nach der ZRE anzuordnen.
- Baugruppen, die die Busherrschaft übernehmen können, sind in der Grundeinheit 1 anzuordnen.
- Die Baugruppen der Datenübertragung sind nebeneinander anzuordnen.
- Die Speicherkapazität beträgt maximal 64 KByte.
- Die Digitalausgabe mit Relais, die zur Systemüberwachung gehört, ist auf den Steckplatz 9 fixiert.
- Festwertspeicherbaugruppen sind aus thermischen Gesichtspunkten nicht nebeneinander anzuordnen.
- Abzüglich der für den Rechnerkern vorgegebenen Baugruppenadressen stehen etwa 26 Adressen zur Adressierung der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen zur Verfügung (zuzüglich der nicht adressierbaren Anpassungsbaugruppen).
- Der System- und Koppelbus der Grundeinheit 1 (Primärbus) kann mittels Busverstärker zweimal um jeweils 11 Steckplätze (Sekundärbus) in der Grundeinheit 2 verlängert werden.
- Freie Steckplätze zwischen Baugruppen, die am Systembus und im Interruptbetrieb arbeiten, müssen mit Kaskadenbrücken belegt werden.

Unter Berücksichtigung der genannten Richtlinien ist in Tafel 4.25 ein Belegungsbeispiel der Grundeinheit 1 dargestellt.

Belegungsrichtlinien der Analogeinheit

- Es sind nur Anpassungsbaugruppen und das Trennetzteil zugelassen.
- Bei Verwendung des Trennetzteils in Verbindung mit der AE-PG sind die Baugruppen nebeneinander in der Reihenfolge AE-TV, AE-PG, TNT anzuordnen.

Belegungsrichtlinien der Stromversorgungskassetten

- Die Kassetten werden von rechts beginnend belegt.
- Die Stromversorgungskassette 1 enthält folgende Überwachungsbaugruppen in der Reihenfolge:
  NAA, FAB, SUB 612, Komp-BG 1059 und Komp-BG 1046 (falls erforderlich).

Tafel 4.25. Belegungsbeispiel der Grundeinheit 1

Steckplatz	Grundeinheit 1	Bemerkung
93	UEW	Überwachungsmodul
89	ZRE	zentrale Recheneinheit
85	KAB[1)]	Kaskadenbrücke
81	ZI-SE	Zwischenblockinterface Steuereinheit
77	ZI-ÜE	Zwischenblockinterface Übertragungseinheit
73	ZI-SE[2)]	Zwischenblockinterface Steuereinheit
69	ZI-ÜE	Zwischenblockinterface Übertragungseinheit
65	PFS	programmierbarer Festwertspeicher (16 KByte)
61	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
57	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
53	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
49	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
45	OPS[3)]	Operativspeicher (4 KByte)
41	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
37	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
33	PFS	programmierbarer Festwertspeicher (16 KByte)
29	–[4)]	
25	–	
21	AE-G	Analogeingabe Grundkarte
17	AE-E[5)]	Analogeingabe Expanderkarte
13	AE-E	Analogeingabe Expanderkarte
9	DA-R[6)]	Digitalausgabe mit Relais (Systemüberwachung)
5	BVE	Busverstärker
1	BVE[7)]	Busverstärker

1) Steckplatz für Service- und Inbetriebnahmenebengruppe
2) Steckplatz für redundante Datenübertragungsbaugruppen
3) Steckplatz für maximal aufrüstbare Speicherbaugruppen
4) frei belegbarer Steckplatzbereich
5) Analogeingabeblock, falls er nicht benötigt wird, wie Punkt 4
6) festgelegter Steckplatz der Digitalausgabe mit Relais des Überwachungssystems
7) Steckplatzbereich zur Erweiterung des Systembusses um 2×11 Steckplätze, falls nicht erforderlich, wie Punkt 4

- Die Stromversorgungsmodule liegen in der Reihenfolge +5/–5/+12/+15/–15/+24 (vorausgesetzt, daß alle Teilspannungen benötigt werden).
- Die Stromversorgungskassette 2 dient zur Aufnahme der binären Geberstromversorgungsmodule.

4.3.1.2. Stromversorgung für die Basissteuereinheit

Die Basissteuereinheit ist mit 220 V Wechselspannung einzuspeisen. Die Netzverteilung und -absicherung erfolgt mit Hilfe der Netzanschlußeinheit.

Zur Einbeziehung der Basissteuereinheit in die Schutzmaßnahme gegen zu hohe Berührungsspannungen an betriebsmäßig nicht unter Spannung stehenden Teilen (TGL 200-0602/03) befindet sich eine Schutzleiteranschlußstelle (Schraube M6) im Schrank. Bei Reihenaufstellung sind die Schränke mit einer Schutzleiterlasche 150 mm^2 St 38u untereinander zu verbinden. Innerhalb der Bestückungsebene ist der Schutzleiter der 220-V-Ws.-Verbraucher sternpunktförmig in der Netzanschlußeinheit zusammengeführt.

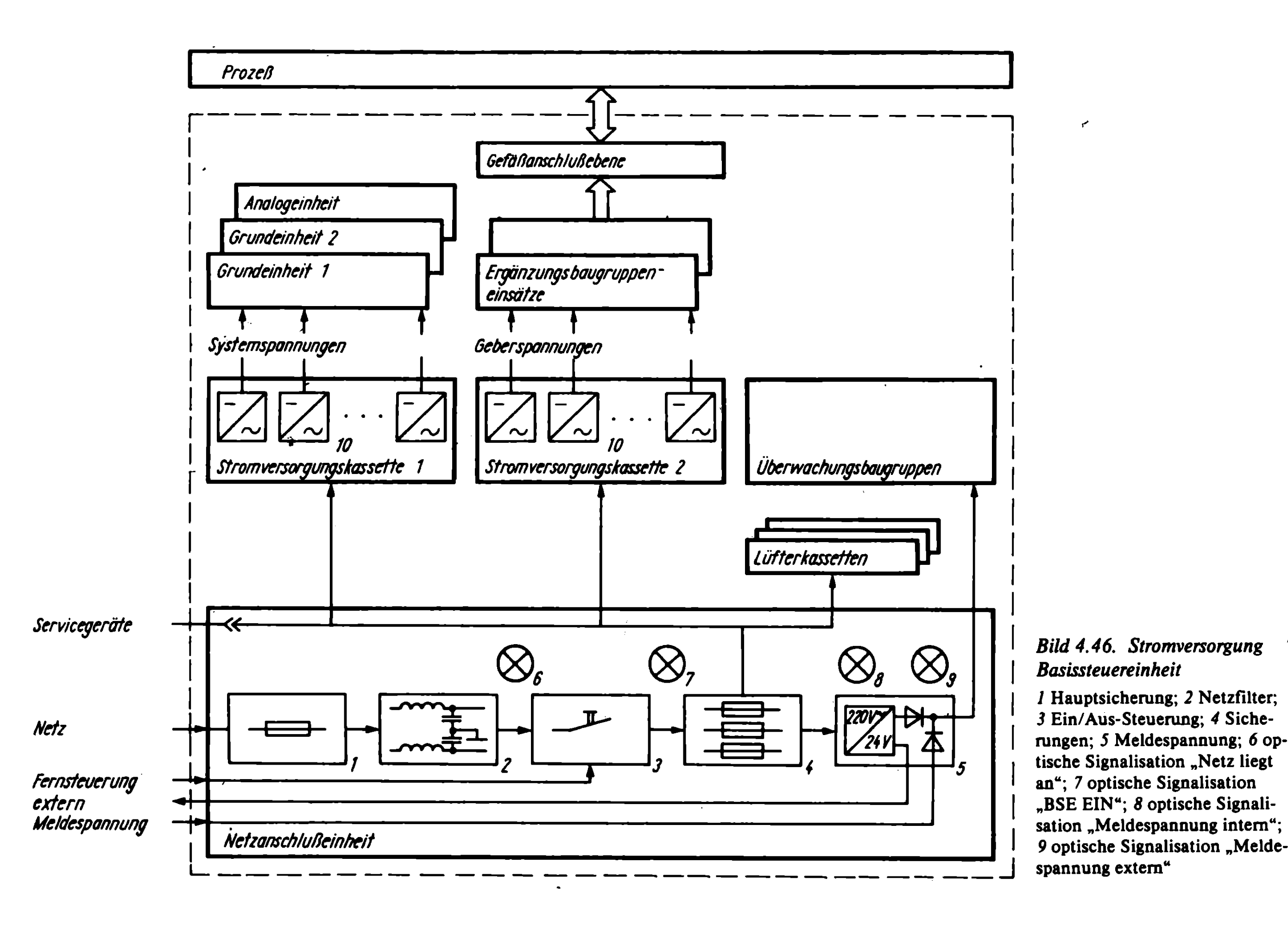


Bild 4.46. Stromversorgung Basissteuereinheit

1 Hauptsicherung; *2* Netzfilter; *3* Ein/Aus-Steuerung; *4* Sicherungen; *5* Meldespannung; *6* optische Signalisation „Netz liegt an"; *7* optische Signalisation „BSE EIN"; *8* optische Signalisation „Meldespannung intern"; *9* optische Signalisation „Meldespannung extern"

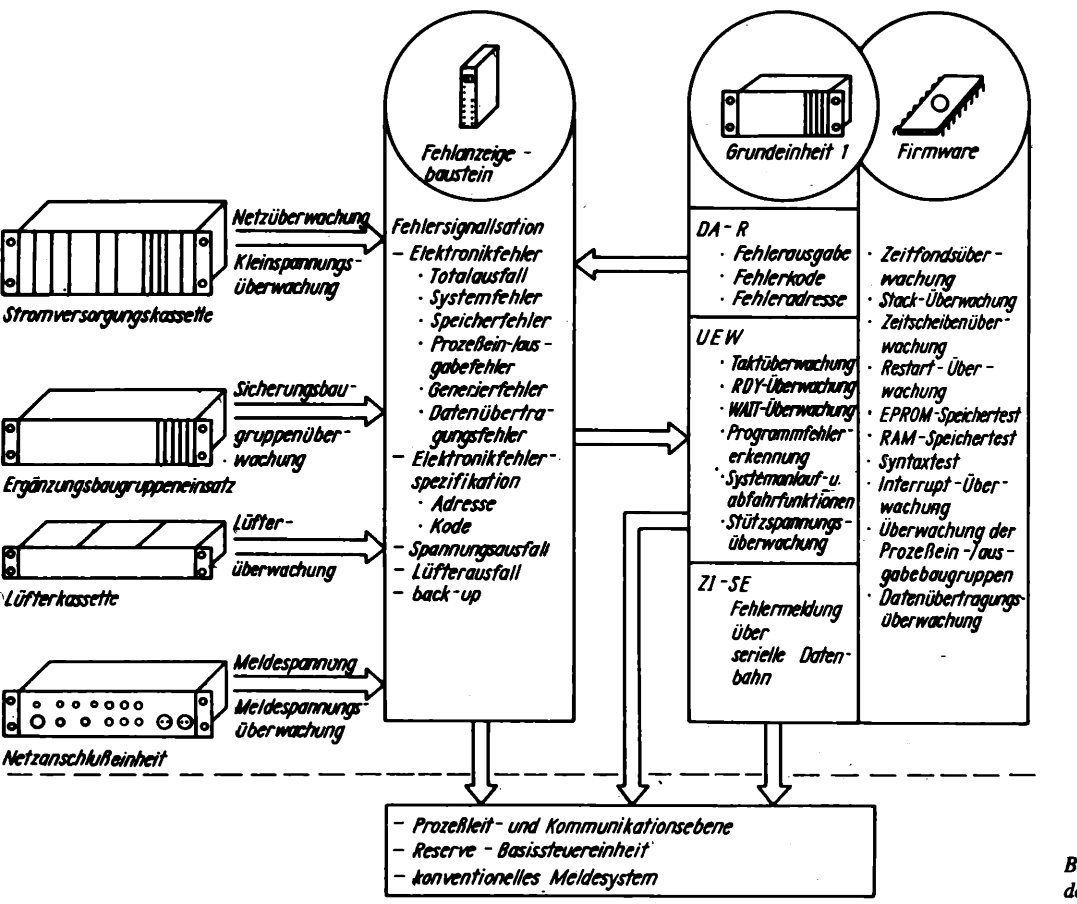


Bild 4.47. Systemüberwachung der Basissteuereinheit

Auf der Kleinspannungsebene sind zwei getrennte Bezugsleitersysteme vorhanden.
Bezugsleiter Mikrorechner. Er stellt den Betriebsspannungs- und Signalbezug für Baugruppen in den Grund- und Analogeinheiten dar (außer für die galvanisch getrennten Binärsignale). Sternpunkt des Bezugsleitersystems ist das Masseflächenpotential der gedruckten Rückverdrahtung der Grundeinheit 1. Dieses Potential wird zum Anschluß der Potentialverbindungs- oder Potentialausgleichsleitung auf eine Buchsenleiste (NG 16) im Anschlußfeld Einspeisung geführt.
Bezugsleiter Geberstromversorgung. Er stellt den Signalbezug für die binären Prozeßsignale dar, die optoelektronisch vom Bezugsleiter Mikrorechner entkoppelt sind. Die Geberstromversorgung, die sowohl intern als auch extern aufgebaut werden kann, ist erdfrei (schwimmendes Bezugspotential) zu betreiben.

Zur Versorgung der Überwachungsbaugruppen werden in der Netzanschlußeinheit 24 V Gs. erzeugt. Die Meldespannung ist so dimensioniert, daß eine zweite Basissteuereinheit mit versorgt werden kann. Das Bezugspotential der Meldespannung liegt auf dem Mikrorechnerpotential. Die Netzanschlußeinheit ermöglicht die externe Einspeisung der Meldespannung.

Der prinzipielle Aufbau der Stromversorgung ist im Bild 4.46 dargestellt.

4.3.1.3. Systemüberwachung

Die Basissteuereinheit besitzt eine Systemüberwachung; sie ist im Bild 4.47 dargestellt. Die Systemüberwachung setzt sich aus Hardware- und Softwarekomponenten zusammen.

Hardwarekomponenten sind

Netzausfallanalysator
Fehleranzeigebaustein
Komparatorbaugruppe
Spannungsüberwachungsbaugruppe
Digitalausgabe mit Relais
Überwachungsmodul.

Die *Softwarekomponenten* werden durch die Firmware bereitgestellt. Die Testroutinen laufen online ständig im Hintergrundbetrieb.

Bei Fehlerkennung wird automatisch entschieden, ob der Mikrorechner in ein definiertes „Halt" geht oder der Fehler nur optisch und akustisch in der Prozeßleit- und Kommunikationsebene signalisiert wird. Ein „Halt" des Mirkorechners hat neben der optischen und akustischen Signalisation ein Umschalten auf Back-up-Betrieb zur Folge.

Teilausfälle, die nicht die Funktion des Mirkrorechners beeinflussen, können projektabhängig in das Back-up-System eingebunden werden.

4.3.1.4. Kabel und Leitungen für den Prozeßsignalanschluß

Sämtliche Prozeß-Eingang/Ausgang-Signale sind störspannungsempfindliche Signalleitungen. Es sind verdrillte, abgeschirmte Kabel und Leitungen einzusetzen.
Folgende Kabelempfehlungen werden gegeben [4.18]:

Für Erdverlegung

Fernmeldeanschlußkabel	2Y2Y(K)2Y
Fernmeldeanschlußkabel	2Y2Y(K)Y
Fernmeldeanschlußkabel	2Y(MF)2Y
Fernmeldeplastkabel	2Y(MF)Y

Für die Verlegung auf Trassen

Fernmeldemantelleitung	MY(St)Y
Fernmeldeschaltleitung	SY(St)Y
Fernmeldeplastkabel	2Y(MF)Y
Fernmeldeschlauchleitung	HYF(C)Y

Die Meßkabel sind auf Kabeltrassen möglichst getrennt von Starkstromleitungen zu verlegen. Der Mindestabstand sollte etwa 0,75 m zu Starkstromleitungen größer als 1 kV betragen. Leitungen und Kabel mit Spannungen unter 1 kV sind im Mindestabstand von 0,3 m gemäß TGL 200-0605/04 zu den Prozeßsignalkabeln zu führen.

Kreuzungen mit Starkstromleitungen sind senkrecht auf kürzestem Weg auszuführen.

Metallische Kabelträger sind galvanisch untereinander zu verbinden, damit Störbeeinflussungen weitgehend vermieden werden. Bei Erdverlegung sind vorzugsweise abgesandete Gräben zu verwenden.

4.3.1.5. Aufbau der Prozeßsignalkreise

4.3.1.5.1. Analogeingabe

Einheitssignale gemäß TGL 22500/02 werden in Zweileiterschaltung auf die Anpassungsbaugruppen AE-AG oder AE-TV bzw. auf den Analog/Digital-Umsetzer geschaltet.
Passive Geber, wie Widerstandsthermometer oder Widerstandsferngeber, werden in Vierleiterschaltung an die Anpassungsbaugruppe AE-PG angeschlossen (Bild 4.48).

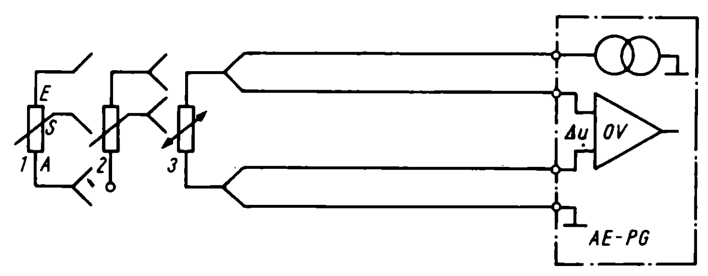


Bild 4.48. Zusammenschaltung eines passiven Gebers mit der Analogeingabe für passive Geber
1 Einheitsferngeber; *2* Widerstandsferngeber; *3* Widerstandsthermometer
OV Operationsverstärker; AE-PG Analogeingabe passive Geber
ΔU Spannungsabfall über den Meßwertgeber

Die AE-PG speist den passiven Geber mit einem Konstantstrom (je Kanal) und erfaßt die Spannungsänderungen, die sich proportional zur Widerstandsänderung verhält.

Natürliche Signale (Thermoelemente) können mittels der Anpassungsbaugruppen AE-EV oder AE-TV erfaßt werden.

Die Vergleichsstellentemperaturkompensation kann über Thermostat oder softwaremäßig von der Basissteuereinheit erfolgen. Zur Kompensation des Einflusses der Vergleichstemperatur mittels Mikrorechners ist die Temperatur an der Klemmstelle (Übergang von Ausgleichsleitung auf Kupferleitung) mit einem Widerstandsthermometer zu messen. Es ist keine konstante Vergleichsstellentemperatur erforderlich (Thermostate entfallen).

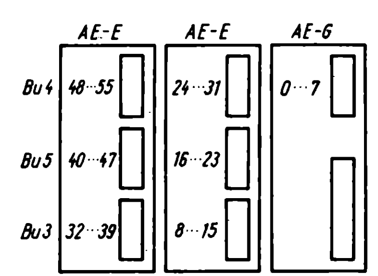


Bild 4.49. Block Analogeingabe des Systems ursadat 5000 (Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin)
AE-G Analogeingabe Grundkarte; AE-E Analogeingabe Expanderkarte; Bu Buchsenleiste

Die Anpassungsbaugruppen wandeln die Eingangssignale in einen Spannungspegel von 0 bis 1 V um, der zur Signaldurchschaltung im Block der Analogeingabe dient.

Der Block Analogeingabe, bestehend aus Analogeingabe-Grundkarte und -Expanderkarten, ist im Bild 4.49 dargestellt. Er ermöglicht den Anschluß von maximal 56 Meßstellen. Je nach Meßstellenzahl können eine oder beide Expanderkarten für je 24 Meßstellen entfallen. Zu beachten ist die feste Zuordnung der Eingangskanäle. Ein Kanal der Analogeingabe wird als Kontrollwert benötigt.

Der Signalweg der Analogeingabe vom Prozeßanschlußfeld bis zum digitalisierten Analogwert ist im Bild 4.50 veranschaulicht.

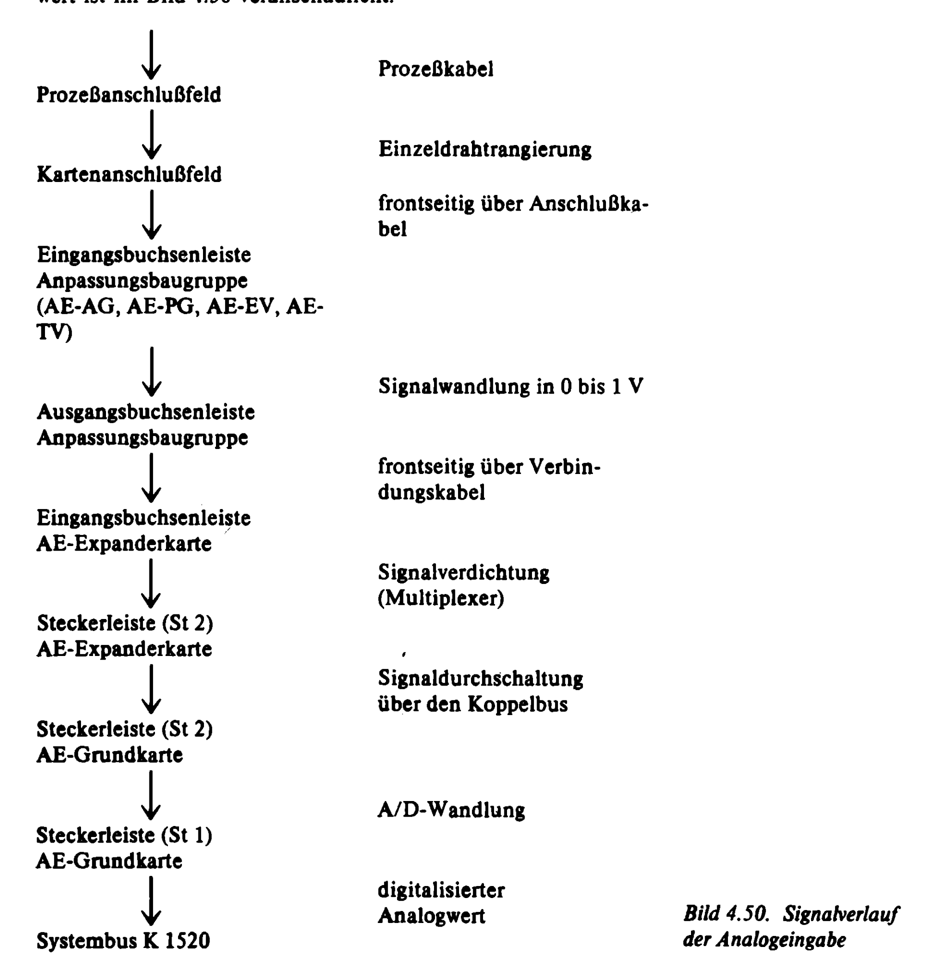


Bild 4.50. Signalverlauf der Analogeingabe

Die maximal mögliche Anzahl der Analogeingänge je Basissteuereinheit beträgt 255. Die Meßstellenzahl wird durch die mögliche Anzahl der Analogblöcke und der dazu notwendigen Steckplätze für die Anpassungsbaugruppe begrenzt. Die Basissteuereinheit ermöglicht unter Berücksichtigung von TGL 19491/06 und TGL 200-0621/01, 02, 05 die Verarbeitung von eigensicheren Prozeßsignalen. Neben dem Einsatz von eigensicheren Anpassungsbaugruppen ist die Stromversorgung der Anpassungsbaugruppe gemäß Bild 4.51 aufzubauen.

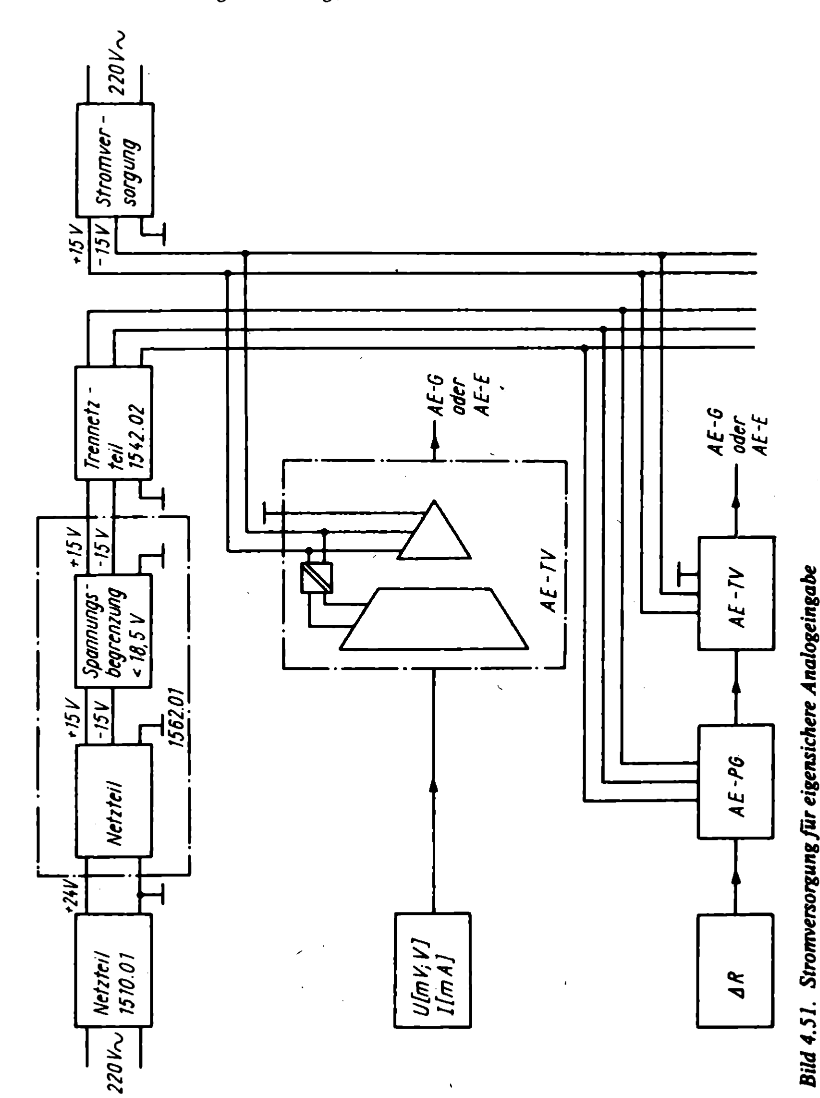


***Bild 4.51.** Stromversorgung für eigensichere Analogeingabe*

AE-TV Analogeingabe Trennverstärker; **AE-PG** Analogeingabe passive Geber; **AE-G** Analogeingabe Grundkarte; **AE-E** Analogeingabe Expanderkarte

Eine Mischtechnik von eigensicheren und nichteigensicheren Meßkreisen in einer Basissteuereinheit ist prinzipiell möglich, stellt aber eine unwirtschaftliche Variante dar, da sich die mögliche Meßstellenzahl wesentlich reduziert.

Die Aufschaltung von eigensicheren Meßkreisen in der Basissteuereinheit wird deshalb nur empfohlen, wenn die Anzahl der eigensicheren Meßkreise die gesamte Basissteuereinheit auslastet und die gesamte Einrichtung zur eigensicheren Verarbeitungseinheit erklärt werden kann.

Sind diese Bedingungen nicht gegeben, sollten die eigensicheren Meßkreise außerhalb der Basissteuereinheit als nichteigensichere Signalkreise ausgeführt werden.

4.3.1.5.2. Analogausgabe

Die Analogausgabe einkanalig (AA-1K) ist für die Ansteuerung von Stellantrieben, z. B.
- MODACT-VARIANT (Schub- und Schwenk-)Hebelantriebe von ZAVODY AUTOMATIZAONI AVYPOCETNI TECHNIKI (ZAVT)/ČSSR
- Membranstellantrieb TGL 21623 mit I/P-Stellungsregler vom VEB MAW Industriearmaturen und Apparatebau Leipzig
- elektro-hydraulischer Stellantrieb (VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik) TGL 21537,

vorgesehen.

Die Umschaltung auf einen externen Analogwert kann softwaremäßig oder von Hand über einen Schalter (auf der Baugruppe oder abgesetzt) erfolgen. Bei Spannungsausfall erfolgt die Umschaltung auf den externen Analogwert selbständig.

4.3.1.5.3. Digitaleingabe und -ausgabe

Die binären Eingangs- und Ausgangssignalkreise benötigen zur Speisung der Geber/Verbraucher eine potentialfreie Geberstromversorgung. Eine Ausnahme bilden die Baugruppen, die keine galvanische Trennung zum Prozeß besitzen und deren Geberstromversorgung auf Mikrorechnerpotential liegt. Die Einspeisung der Geber/Verbraucher erfolgt in der Basissteuereinheit auf der Gefäßanschlußebene.

Der Aufbau der binären Eingangs- und Ausgangssignalkreise ist in den Bildern 4.52 bis 4.56 dargestellt.

Der Eingangsstrom je Kanal einer Digitaleingabebaugruppe beträgt etwa 10 mA (DES-KT 0,3 mA).

Jeder Kontaktgeber benötigt eine Mindestschaltleistung beim Schließen der Kontakte zur sicheren Kontaktgabe. Aufgrund der Vielzahl der passiven Geber ist eine Anpassung an den

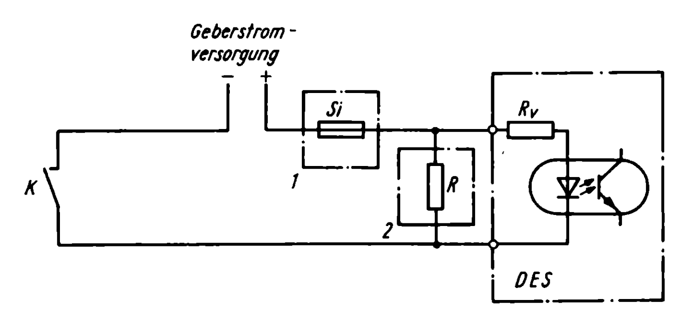


Bild 4.52. Zusammenschaltung eines Kontaktgebers mit der Digitaleingabe, statisch

1 Sicherungsbaugruppe; *2* Kontaktbelastungsbaugruppe
DES Digitaleingabe, statisch; K Kontakt

jeweiligen Geber erforderlich. Diese Variabilität in der Wahl der notwendigen Schaltleistung ermöglicht die Kontaktbelastungsbaugruppe.

Die in der Basissteuereinheit maximal anschließbaren Digital-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen sind durch die verfügbaren Hardwareadressen (etwa 26) begrenzt.

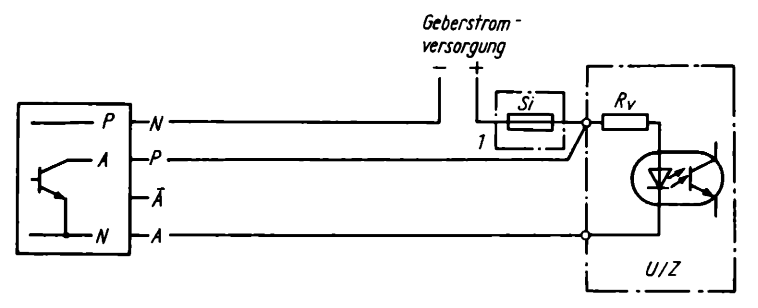


Bild 4.53. ***Zusammenschaltung eines elektronischen Gebers mit der Universalimpulszähler-Baugruppe***

1 Sicherungsbaugruppe; *2* Initiatorbaugruppe
UIZ Universalimpulszähler

Bild 4.54. ***Prinzip der Signaldurchschaltung von Kontaktgebern zur Digitaleingabe, multiplex mittels Rangierverteiler DEM-R***

K Kontakt; DEM-R Digitaleingabe, multiplex; DE Dateneingabe; DA Datenausgabe; Br Wickelbrücke

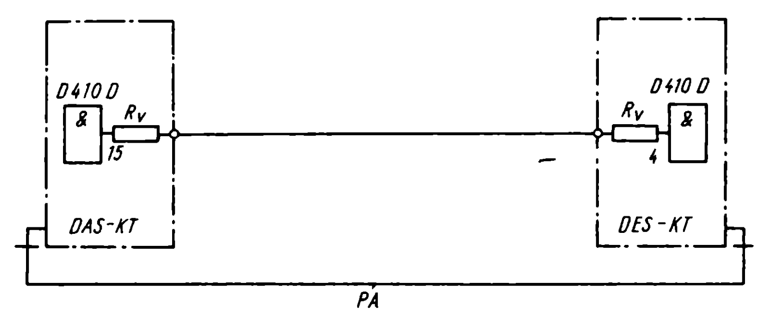


Bild 4.55. Zusammenschaltung von Baugruppen mit kurzschlußfesten Treiber-(KTSE)Schaltkreisen
DES-KT Digitaleingabe, statisch, kurzschlußfest; DAS-KT Digitalausgabe, statisch, kurzschlußfest; D 410 D Treiberschaltkreis, kurzschlußfest

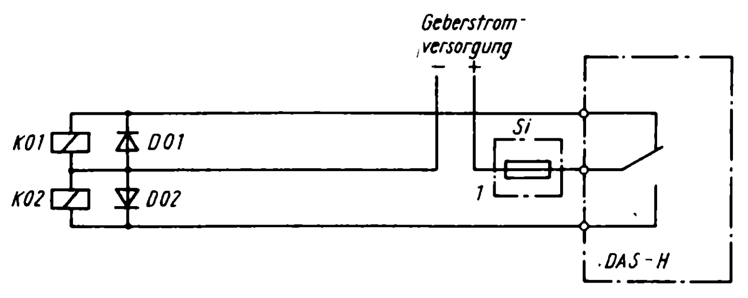


Bild 4.56. Ansteuerung von Zwischenrelais mittels Digitaleingabe mit Haftrelais
K 01/02 Relais; D 01/02 Freilaufdiode

4.3.1.6. Hinweise zur Prozeßsignalkopplung

- Die Anpassungsbaugruppen (außer AE-Trennverstärker) haben keine galvanisch entkoppelten Eingangssignalkreise (niedrige Gleichtaktunterdrückung).
- Der Einsatz der Analogeingabe mit niedriger Gleichtaktunterdrückung setzt voraus, daß in der technologischen Anlage zwischen dem Meßwertgeber (auch untereinander) und der Basissteuereinheit ein Potentialausgleich vorhanden ist.
- Innerhalb von Gebäuden ist für alle leitfähigen Konstruktionen gemäß TGL 200-0602/03 der Potentialausgleich verbindlich vorgeschrieben.
- Die Meßwertgeber sind isoliert gegen Meßerde aufzubauen (Isolationswiderstand: MΩ-Bereich).
- Die Analogeingabe-Trennverstärkerbaugruppe (AE-TV) realisiert die galvanische Trennung der Eingangssignalkreise vom Mikrorechnerbezugspotential (hohe Gleichtaktunterdrückung).
- Die vier Kanäle der AE-TV sind zum Prozeß galvanisch entkoppelt, aber nicht untereinander.
- Die Signale von Meßwertgebern mit etwa gleichem Erdpotential können in einem geschirmten Sammelkabel zur Basissteuereinheit verlegt werden.
- Der Prozeßkabelschirm von Analogeingabesignalen ist am Geberort auf Meßerde zu legen.
- Beim Einsatz der AE-TV ist laut [4.18] der Prozeßkabelschirm am Meßort auf das Bezugspotential der AE-TV zu legen.
- Gemäß TGL 22500/04 ist vorzugsweise das Einheitsstromsignal 4 bis 20 mA zu verwenden.

- Die Nullpunktunterdrückung zur Verarbeitung eines Life-zero-Signals erfolgt softwaremäßig.
- Der anschließbare abgesetzte Handumschalter (Schließer) der Analogausgabe einkanalig wird von der Baugruppe gespeist.
- Beim Einsatz der Analogausgabe fünfkanalig ist die fehlende Potentialtrennung der Kanäle zum Prozeß und untereinander zu berücksichtigen.
- Der Prozeßkabelschirm der Analogausgabe ist in der Basissteuereinheit abzulegen.
- Binäre und analoge Signale dürfen nicht in einem gemeinsamen Sammelkabel geführt werden.
- In einem Kabel dürfen keine unterschiedlichen Schaltspannungen der binären Signalkreise geführt werden.
- Der Prozeßkabelschirm binärer Schaltkreise ist vorzugsweise in der Basissteuereinheit abzulegen.

4.3.2. Einrichtungen der Prozeßleit- und Kommunikationsebene

4.3.2.1. Übersicht über Funktionseinheiten und Geräte

Funktionsbestimmende Elemente in der Prozeßleit- und Kommunikationsebene sind die *Mikrorechnerfunktionseinheiten*

Datenbahnsteuerstation
Pultsteuerrechner.

Die erforderlichen *Kommunikationsgeräte* sind funktionell jeweils einem Pultsteuerrechner zugeordnet:

Bedientastatur
Farbmonitor.

Alphanumerische Tastatur und Schwarzweißmonitor nehmen eine Sonderstellung ein. Sie sind vorgesehen für autonome Automatisierungseinrichtungen und werden direkt an eine Basiseinheit gekoppelt.

Außerdem kommt ein Sortiment von *Datenverarbeitungsperipheriegeräten* zum Einsatz, das für Inbetriebsetzung und Dokumentationsaufgaben benötigt wird.

Diese Gerätegruppe ist in der Regel einem rascheren Generationswechsel unterworfen als die übrigen Geräte und Funktionseinheiten der Prozeßleit- und Kommunikationsebene.

Die in der Übersicht aufgeführten Datenverarbeitungsperipheriegeräte kommen z. B. in Erstanlagen des Systems *audatec* zum Einsatz. Sie werden in Nachfolgeanlagen zielgerichtet durch weiterentwickelte Gerätetypen abgelöst.

Tafel 4.26 gibt einen Überblick über die Funktionseinheiten und Geräte mit Angaben zu technischen Parametern und Einsatzbedingungen.

In der Prozeßleit- und Kommunikationsebene werden zusätzlich auch *Geräte für Inbetriebsetzung, Service und Fehlersuche* benötigt.

Es handelt sich um mobile Geräte, die nicht an eine bestimmte Anlagenebene gebunden sind. Eine Übersicht über diese Gerätegruppe enthält Abschn. 5.4.

Alle in der Übersicht aufgeführten Geräte und Funktionseinheiten sind für den Einsatz in Wartenräumen nach TGL 31872/01 konzipiert.

Schutzgrad und Einsatzklasse wurden einheitlich auf die für diese Räume vorgeschriebenen Einsatzbedingungen abgestimmt.

Geräte und Funktionseinheiten mit dem Schutzgrad IP 00 sind für den Einbau in die entsprechenden Gefäßeinheiten eines Leitstands vorgesehen (z. B. Sitzpulte, Beistellgefäße nach TGL 32991/11).

Im eingebauten Zustand wird dann einheitlich der Schutzgrad IP 20 erreicht.

Tafel 4.26. Funktionseinheiten und Geräte der Prozeßleit- und Kommunikationsebene

		Abmessungen in mm			Masse in kg	Elektrische Daten	
		Breite	Höhe	Tiefe		Betriebsspannungen	Leistungsaufnahme
Mikrorechnerfunktionseinheiten	Datenbahnsteuerstation	518	680	250	50	220 V +10% −15% 50 Hz ±3 Hz	300 VA
	Pultsteuerrechner	518	680	250	40	220 V +10% −15% 50 Hz ± 3 Hz	330 VA
Kommunikationsgeräte	Bedientastatur BDT 22501	420	46	224	5,2	5 V ± 5%	200 mW
	Alphanumerische Tastatur K 7634	524	63	250	4,5	+5 V −5 V ± 5% 12 V +5 V	3,5 W 150 mW 2,4 W 150 mW
	Farbmonitor K 7226	516	420	512	29	220 V +10% −15% 50 . . . 60 Hz	85 W
	Schwarzweißmonitor K 7221	348	337	396	12	12 V ± 3%	25 W
Datenverarbeitungsperipheriegeräte	Kassettenmagnetbandgerät KMBG K 5200	140	150	250	3	+ 5 V +15 V ± 3% −15 V	5 W 15 W 3 W
	Seriendrucker SD 1156	880	930	550	90	220 V +10% −15% 50 Hz ± 2 Hz	250 VA
	Lochbandleser daro 1210	340	220	450	15	220 V +10% −15% 50 Hz	400 VA
	Lochbandstanzer daro 1215	255	235	230	11,6	220 V+10% −15% 50 Hz ± 2,5 Hz	110 VA

Belüftung	Schalleistungspegel in dB (AI)	Einsatzklasse nach TGL 9200/03 bzw. TGL 26465/(EKL)	Schutzgrad nach TGL RGW 778-77	Bemerkungen	Hersteller
Zwangsbelüftung	≦54	+5/+35/+25/80//1101	IP 00	Einbau im Beistellgefäß oder Sitzpult; Erhöhung der Umgebungstemperatur auf +40 °C ist kurzzeitig zulässig (≦ 5 Tage je Jahr)	VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow
Zwangsbelüftung	≦54	+5/+35/+25/80//1101	IP 00	Einbau im Untersatz des Sitzpults; Erhöhung der Umgebungstemperatur auf +40 °C ist kurzzeitig zulässig (≦ 5 Tage je Jahr)	
freie Konvektion	-	+5/+40/+25/80//1101	IP 20	Tischgerät mit fester Anschlußleitung (l = 3 m)	
freie Konvektion	-	EKL 3 (+5/+60/+30/95//11-1_E)	IP 20	Tischgerät mit steckbarer Anschlußleitung (l = 1,4 m)	VEB Kombinat Robotron
freie Konvektion	-	EKL 3 (+5/+40/+30/80//11-1_E)	IP 00	Einschubbaugruppe Einbau im Aufsatz des Sitzpults	
freie Konvektion	-	+10/+55/+30/80//2102	IP 20	Tischgerät	
freie Konvektion	≦ 55 Arbeitspegel	EKL 3 (+5/+45/+30/95//10-1_E)	IP 00	Einbau im Beistellgefäß Betriebsspannungen werden vom Pultsteuerrechner zugeführt	
freie Konvektion	≦ 65 Arbeitspegel	EKL 3 (+5/+40/+30/95//10-1_E)	IP 20	Konsolgerät	
Zwangsbelüftung	≦ 65 Leerlaufpegel ≦ 77 Arbeitspegel	EKL 2 (+5/+40/+30/80//11-1_E)	IP 10	Zum Lochbandleser gehören zwei separate Netzgeräte. Weiteres Zubehör: Lochbandaufnahme	
Zwangsbelüftung	≦ 62 Leerlaufpegel ≦ 75 Arbeitspegel	EKL 2 (+10/+40/+30/80//11-1_E)	IP 20	Zum Lochbandstanzer gehören ein separates Netzgerät und ein Steuergerät. Weiteres Zubehör: Abspuler	

4.3.2.2. Datenbahnsteuerstation

Die Datenbahnsteuerstation (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) ist eine Mikrorechnerfunktionseinheit, die aufgrund ihrer zentralen Steuerfunktion innerhalb des Bussystems eine besonders hohe Funktionssicherheit gewährleisten muß.

Aus diesem Grunde ist die Datenbahnsteuerstation (DSS) redundant aufgebaut. Sie besteht aus zwei voll funktionsfähigen Mikrorechnereinheiten, den sog. DSS-Kassetten. Diese sind jeweils mit einem doppelt ausgeführten seriellen Zwischenblockinterface ausgestattet, so daß die Datenbahn ebenfalls redundant ausgeführt werden kann.

Eine dieser beiden DSS-Kassetten übernimmt als aktive Funktionseinheit die Steuerfunktion, während die andere Kassette als Reserverechner alle Prozeduren mit überwacht. Im Fehlerfall übernimmt die Reservekassette die Steuerfunktion, indem sie selbständig vom passiven in den aktiven Zustand übergeht.

Der Fehler wird als Systemalarm optisch und akustisch gemeldet.

Die Datenbahnsteuerstation ist so aufgebaut, daß im Störungsfall die defekte DSS-Kassette schnell und problemlos ausgetauscht werden kann, ohne daß die Funktion der jeweils aktiven Kassette gestört wird.

Somit wird der unterbrechungsfreie Betrieb der Datenbahnsteuerstation insgesamt aufrechterhalten.

Die gerätetechnische Ausführung der Datenbahnsteuerstation einschließlich Baugruppenbestückung und Verdrahtung stellt eine Standardlösung dar.

Bild 4.57 zeigt die Konfiguration der Mikrorechnerbaugruppen einer Datenbahnsteuerstation als Übersicht.

Die objektspezifische Anpassung erfolgt über Strukturierung der Stammdaten, die auf einen vorgegebenen Speicherbereich geladen werden.

Die Funktion der Datenbahnsteuerstation wird durch das Betriebssystem bestimmt.

Es ist objektunabhängig und steht als Firmware in Form von programmierten EPROM-Schaltkreisen zur Verfügung.

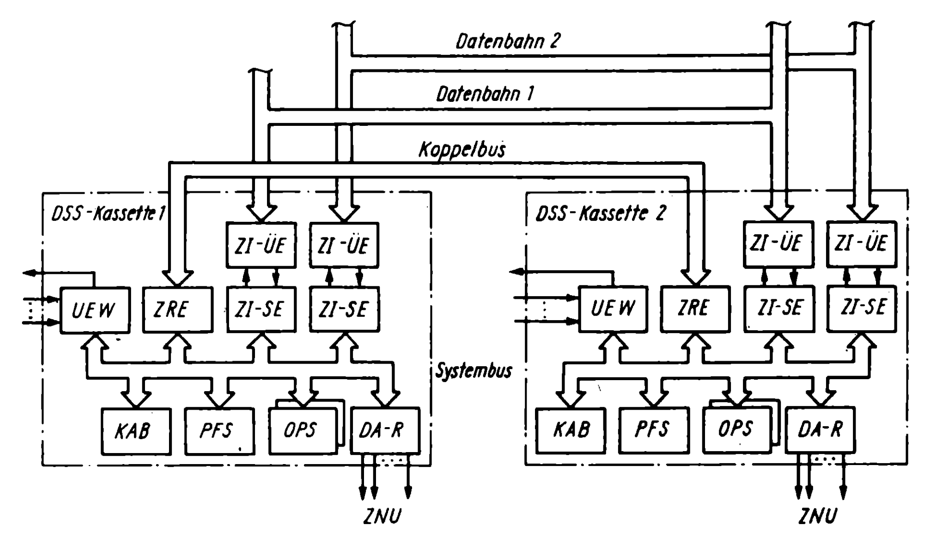


Bild 4.57. Konfiguration einer Datenbahnsteuerstation (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

UEW Überwachunsgmodul; ZRE zentrale Recheneinheit; ZI-SE Zwischenblockinterface Steuereinheit; ZI-ÜE Zwischenblockinterface Übertragungseinheit; KAB Kaskadenbrücke; PFS programmierbarer Festwertspeicher; OPS Operativspeicher; DA-R Digitalausgabe mit Relais

Konstruktiver Aufbau

DSS-Block. Der konstruktive Aufbau einer Datenbahnsteuerstation ist im Bild 4.58 schematisch dargestellt.

Der DSS-Block bildet eine Einheit aus vier Kassetten: zwei Kassetten (Ebene *A* und *C*), eine Lüfterkassette (Ebene *B*), eine Einspeisekassette (Ebene *D*). Tragendes Element ist eine spezielle Baugruppenaufnahme, die auch beim Pultsteuerrechner und bei der Koppeleinheit Wartenrechner zum Einsatz kommt.

Zur Aufnahme im Gefäß dienen seitlich angeordnete Gleitschienen; die Arretierung erfolgt über zwei Exzenterspanner (zum Gefäß gehörig). Bild 4.59 zeigt eine schematische Darstellung mit Hauptabmessungen. Der Einbau der Datenbahnsteuerstation erfolgt in Sitzpulten oder Beistellgefäßen. Ein- und Ausbau sind ohne Werkzeug möglich.

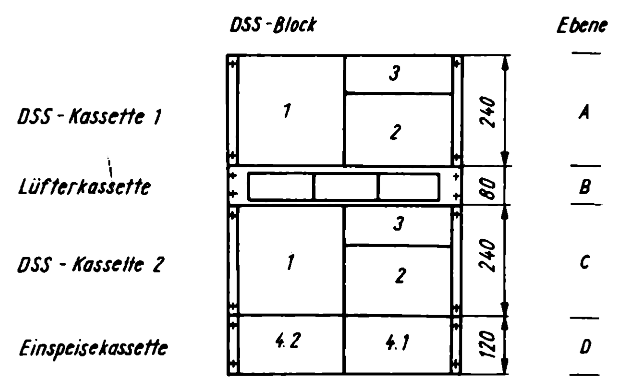


Bild 4.58. Konstruktiver Aufbau einer Datenbahnsteuerstation

1 Mikrorechnerbaugruppen; *2* Stromversorgungsbaugruppen; *3* Zusatzbaustein; *4.1* Einspeisemodul für DSS-Kassette 1; *4.2* Einspeisemodul für DSS-Kassette 2
DSS Datenbahnsteuerstation

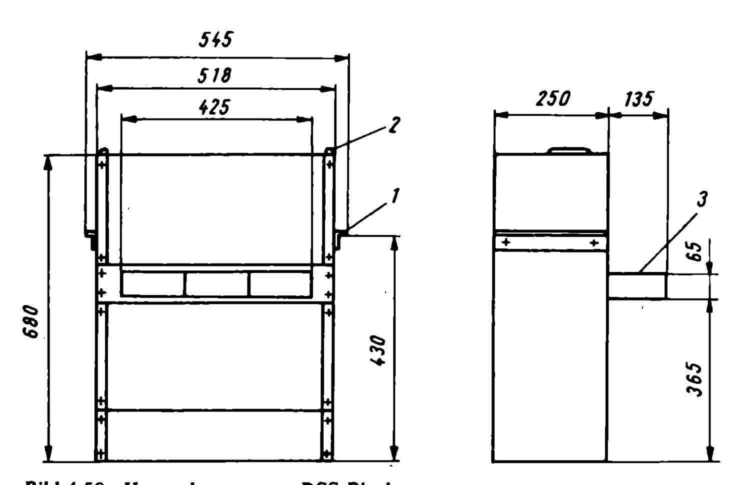


Bild 4.59. Hauptabmessungen DSS-Block

1 Gleitschienen; *2* Traggriffe (herausziehbar); *3* Ansaugtubus der Lüfterkassette
DSS Datenbahnsteuerstation

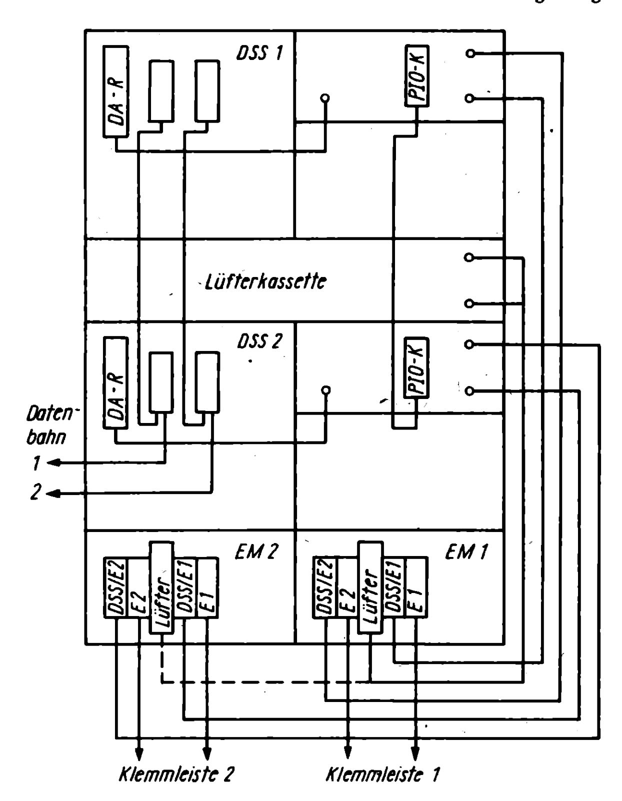


***Bild 4.60.* Frontseitige Leitungsanschlüsse am DSS-Block**

DSS1 DSS-Kassette 1; DSS2 DSS-Kassette 2; DA-R Digitalausgabe mit Relais; PIO-K PIO-Kopplung; EM1 Einspeisemodul 1; EM2 Einspeisemodul 2; E1 Einspeisung 1; E2 Einspeisung 2; DSS/E2, DSS/E1 Versorgungsleitungen zur DSS-Kassette; DSS Datenbahnsteuerstation

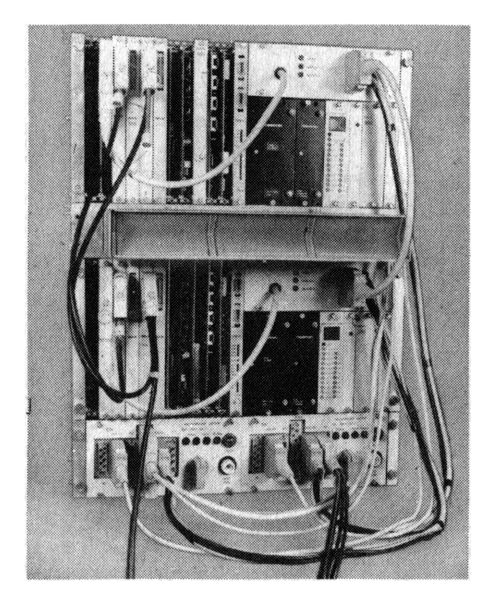


***Bild 4.61.* DSS-Block (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)**

DSS Datenbahnsteuerstation

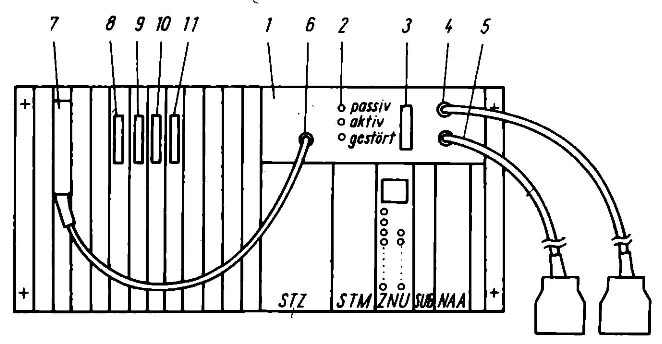


Bild 4.62. Aufbau einer DSS-Kassette

1 Zusatzbaustein; *2* Statusanzeige; *3* Buchsenleiste PIO-Kopplung; *4*, *5* Anschlußleitungen zum Einspeisemodul (DSS/E2, DSS/E1); *6* Anschlußleitung zur Digitalausgabe DA-R; *7* Frontsteckverbinder der Digitalausgabe Baugruppe DA-R; *8*, *10* Anschluß Datenbahn (Ferninterface); *9*, *11* Anschluß Datenbahn (Nahinterface)
STZ Stromversorgungszusatzbaugruppe; STM Stromversorgungsmodul; ZNU Fehleranzeigebaustein; SUB Spannungsüberwachungsbaustein; NAA Netzausfallanalysator; DSS Datenbahnsteuerstation

Tafel 4.27. Baugruppenbestückung einer DSS-Kassette

	Steckplatz	Baugruppe	Bemerkung
Stromversorgungs- und Überwachungsmodule	85	NAA	Netzausfallanalysator
	81	SUB	Spannungsüberwachungsbaustein
	74	ZNU	Fehleranzeigebaustein
	67	STM	Stromversorgungsmodul (5P/5OW)
	60	STZ	Stromversorgungszusatzbaugruppe (5N, 5P, 12P/75W)
Mikrorechnerbaugruppen	45	UEW	Überwachungsmodul
	41	ZRE	zentrale Recheneinheit
	37	PFS	programmierbarer Festwertspeicher
	33	KAB	Kaskadenbrücke
	29	ZI-SE	Zwischenblockinterface Steuereinheit
	25	ZI-ÜE	Zwischenblockinterface Übertragungseinheit
	21	ZI-SE	Zwischenblockinterface Steuereinheit
	17	ZI-ÜE	Zwischenblockinterface Übertragungseinheit
	13	OPS	Operativspeicher (4 KByte C-MOS-RAM)
	9	OPS	Operativspeicher (4 KByte n-MOS-RAM)
	5	DA-R	Digitalausgabe mit Relais
	1	–	

Die rückseitige Verdrahtung ist so ausgeführt, daß sich keine Verbindungen zwischen den Ebenen ergeben. Die Verbindungen der Kassetten untereinander erfolgen generell über frontseitig steckbare Kabel (Bild 4.60). Dadurch wird der rasche Austausch von Kassetten ohne Funktionsunterbrechung der Datenbahnsteuerstation gewährleistet. Bild 4.61 zeigt einen komplett bestückten DSS-Block.

DSS-Kassette. Jede DSS-Kassette ist ein voll funktionsfähiger Mikrorechner einschließlich zugehöriger Stromversorgungs- und Überwachungsmodule.

Als Aufnahme dient ein modifizierter EGS-Baugruppeneinsatz C1 nach TGL 25071 mit den Teilungsmaßen b_1 = 480 mm, h_1 = 240 mm, t_1 = 240 mm.

Eine zusätzliche konstruktive Teilung gestattet sowohl die Aufnahme der Mikrorechnerbaugruppen als auch die der Stromversorgungs- und Überwachungsmodule.

Im Bereich der Rechnerbaugruppen ist rückseitig auf einem speziellen Verdrahtungsrahmen eine gedruckte Rückverdrahtungsleiterplatte montiert. Sie realisiert zwölf Steckplätze.

Der Aufbau einer DSS-Kassette ist im Bild 4.62 dargestellt.

Tafel 4.27 enthält die steckplatzbezogene Baugruppenbestückung.

Außer den steckbaren Rechner-, Stromversorgungs- und Überwachungsbaugruppen enthält die DSS-Kassette einen fest eingebauten Zusatzbaustein, der über dem Stromversorgungsteil des Baugruppeneinsatzes angeordnet ist.

Dieser Zusatzbaustein realisiert neben einer Statusanzeige sämtliche Ein- und Ausgänge der DSS-Kassette (außer Datenbahn) einschließlich Netz- und Hilfsspannungsversorgung über den Einspeisemodul. Im Bild 4.60 sind die Anschlußleitungen des Zusatzbausteins dargestellt.

Es werden folgende Anschlüsse realisiert:

- Verbindung mit der zweiten DSS-Kassette über eine Koppelleitung
  Der interne Anschluß führt jeweils an den Koppel-PIO der zentralen Recheneinheit. Über diese Verbindung erfolgt ein Informationsaustausch zwischen beiden DSS-Kassetten sowie die Statusumschaltung;
- Verbindung von der Digitalausgabebaugruppe DA-R (Frontsteckverbinder) zu den Eingängen des Fehleranzeigebausteins ZNU auf der Rückverdrahtung über steckbare Anschlußleitung
- Verbindung zum Einspeisemodul über steckbare Anschlußleitung DSS/E1 für 220-V-Ws.-Versorgung einschließlich Schutzleiter und Potentialausgleich
- Verbindung zum Einspeisemodul über steckbare Anschlußleitung DSS/E2: Einspeisung von 24 V Gs., Übergabe eines Fehlermeldesammelsignals zur externen Nutzung, Übergabe des Lüfterausfallsignals.

Einspeisung, Stromversorgung, Schutzmaßnahmen

Die Zuführung der Netzspannung erfolgt für beide DSS-Kassetten getrennt über je einen Einspeisemodul. Neben Hauptschalter, Sicherungen, Anzeige und Netzfilter enthält jeder Einspeisemodul einen zusätzlichen Stromversorgungsteil zur Erzeugung einer Meldespannung (24 V Gs.). Sie dient der Versorgung von Überwachungsbaugruppen.

Die von den Mikrorechnerbaugruppen benötigten Systemspannungen werden von den Stromversorgungsmodulen jeder DSS-Kassette erzeugt. Bild 4.63 zeigt das Prinzip der Stromversorgung für eine DSS-Kassette.

Die Zuführung der Netzspannung zum Einspeisemodul erfolgt über eine steckbare Anschlußleitung. Diese ist über eine Klemmleiste im Gefäß befestigt, das für die Aufnahme der Datenbahnsteuerstation bestimmt ist (Sitzpult, Beistellgefäß).

Auf der Klemmleiste befinden sich die zentralen Anschlußpunkte für die externen Versorgungsleitungen 220 V Ws. und 24 V Gs., Schutzleiteranschlüsse sowie ein isoliert aufgebauter Anschlußbolzen (M 8) für das Mikrorechnerbezugspotential.

Sowohl Schutzleiter als auch das Mikrorechnerbezugspotential werden über die steckbare Anschlußleitung von der Klemmleiste aus gemeinsam mit der Netzspannung zum Einspeisemodul geführt.

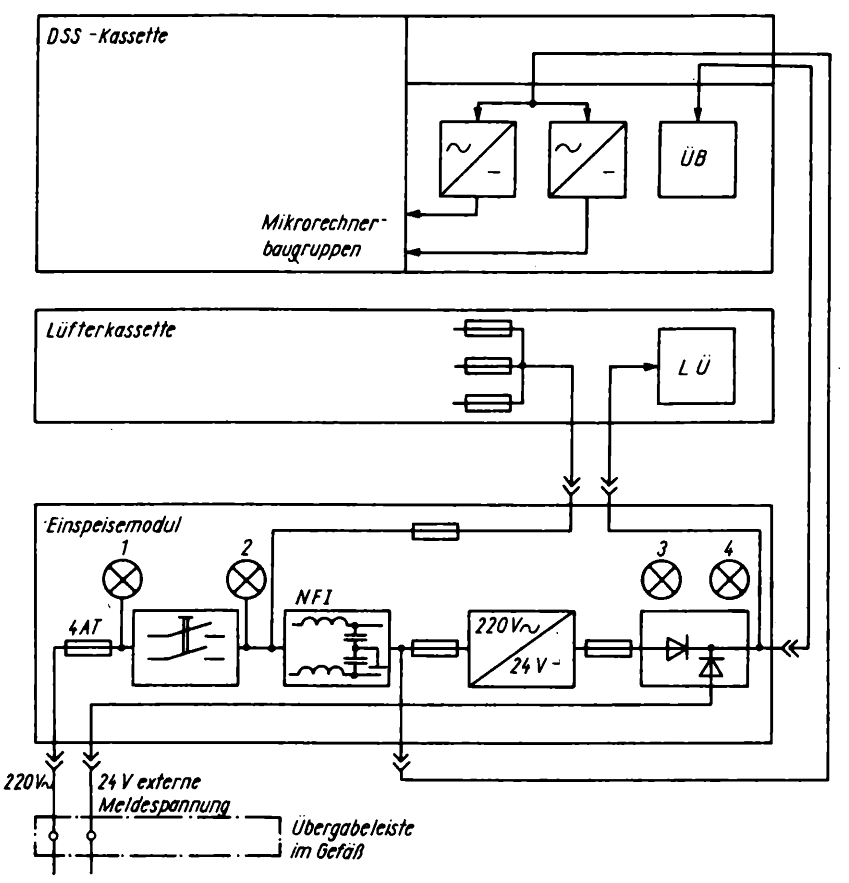


Bild 4.63. Stromversorgung der Datenbahnsteuerstation (Darstellung für eine DSS-Kassette)

1 Netzanzeige; *2* Anzeige bei Schalterstellung EIN; *3, 4* Anzeige der Meldespannung (intern, extern)
ÜB Überwachungsbaugruppen; LÜ Lüfterüberwachung; NFI Netzfilter; DSS Datenbahnsteuerstation

Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen. Im Betriebszustand ist die Datenbahnsteuerstation über den Steckverbinder des Einspeisemoduls gemäß TGL 200-0602/03 in die Schutzmaßnahme gegen zu hohe Berührungsspannungen an betriebsmäßig nicht unter Spannung stehenden Teilen einbezogen.

Zusätzlich ist jeder DSS-Block mit einem separat geführten Schutzleiteranschluß versehen. Dieser ist dann wirksam, wenn die Versorgungsleitung nicht am Einspeisemodul gesteckt ist (z. B. beim Ein- und Ausbau des DSS-Blockes aus dem Gefäß). Die Einbeziehung des Gefäßes in die Schutzmaßnahme erfolgt über eine Verbindung zwischen Schutzleiteranschluß der Klemmleiste zur Anschlußstelle am Gefäß.

Mikrorechnerbezugspotential. Auf der Rückverdrahtung jeder DSS-Kassette wird sternpunktförmig ein Mikrorechnerbezugspotential gebildet. Dieses wird über den Einspeisemodul zum zentralen Anschlußpunkt auf der Klemmleiste des Gefäßes geführt (Anschlußbolzen M 8). Von dort aus erfolgt die Verbindung zum zentralen Erder der Anlage bzw. zu den anderen Mikrorechnerfunktionseinheiten.

Maßnahmen zur Datensicherung bei Unterbrechung der Versorgungsspannung. Die Operativspeicher der Datenbahnsteuerstation sind flüchtige Halbleiterspeicher (RAM), die bei nicht ausreichender Versorgungsspannung ihre Information verlieren bzw. verfälschen.

Da eine ausfallgesicherte Netzversorgung nur in wenigen Anlagen zur Verfügung steht, sind in der Datenbahnsteuerstation Maßnahmen zur Datensicherung vorgesehen.

Eine Datensicherung ist erforderlich, um bei Netzstörungen (z. B. Umschaltlücken auf der Mittelspannungsebene) alle Informationen über den aktuellen Anlagenzustand zu retten. Nur so ist eine automatische Fortsetzung des Betriebs bei wiederkehrender Netzspannung über RESTART möglich.

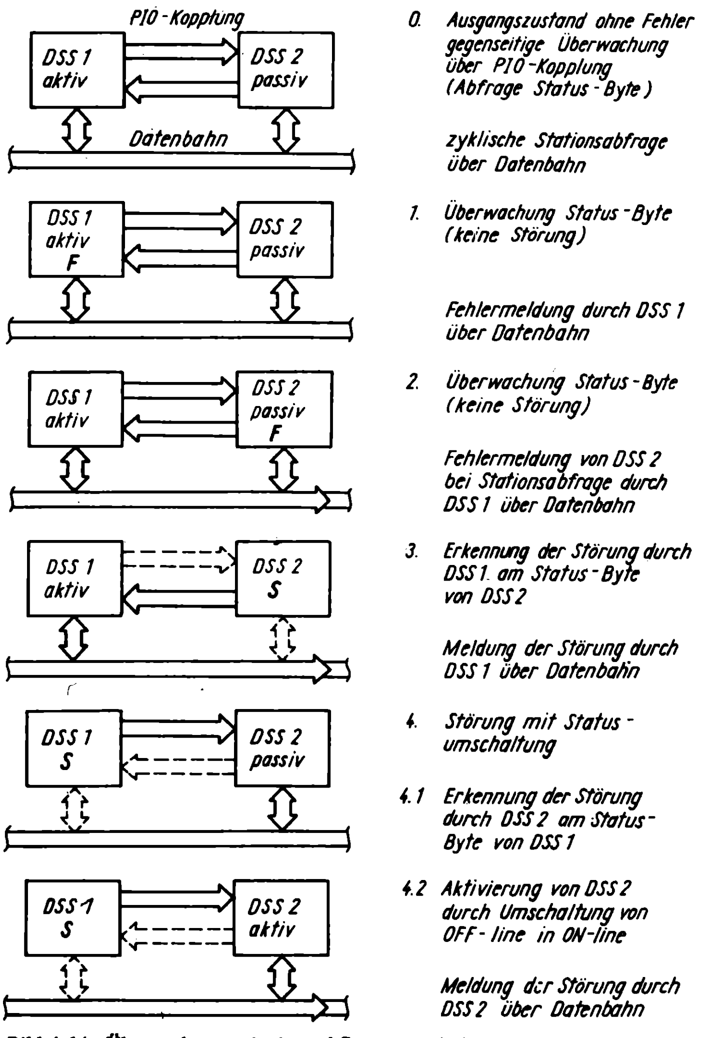


Bild 4.64. Überwachungsprinzip und Statusumschaltung zwischen zwei DSS-Kassetten (vier Beispiele)

F Fehlermeldung; S Störung mit Funktionsausfall; DSS Datenbahnsteuerstation

Für die Stützung von Operativspeichern stehen drei Varianten zur Wahl:

1. baugruppeninterne Stützung durch Einsatz von Nickel-Kadmium-Knopfzellen auf jeder Baugruppe. Auf der Baugruppe erfolgt auch die Kontrolle des Ladezustands und das Nachladen der Akkumulatoren.
2. Einsatz eines Akkumoduls im Stromversorgungsteil jedes Mikrorechners und Versorgung aller Operativspeicherbaugruppen mit der Stützspannung 5 PG.
3. Versorgung der Mikrorechnerfunktionseinheiten über eine zentral erzeugte Stützspannung.

In der Datenbahnsteuerstation kommt vorzugsweise die Variante 1 zur Anwendung. Bei voll geladenen Knopfzellen können Stützzeiten bis zu 200 h erreicht werden.

Systemüberwachung

Die Erkennung und rasche Lokalisierung von Systemfehlern ist eine Voraussetzung zur Sicherung einer hohen Anlagenverfügbarkeit (s. auch Abschn. 4.7.). Dies trifft insbesondere für die Datenbahnsteuerstation zu, da sie die zentrale Steuerfunktion für die serielle Informationsübertragung auf der Datenbahn übernehmen muß.

Eine wesentliche Maßnahme im Rahmen der Systemüberwachung ist die redundante Ausführung der Datenbahnsteuerstation.

Zwei DSS-Kassetten führen parallel den jeweils aktuellen Anlagenzustand, eine Kassette als aktive, d. h. masterberechtigte Funktionseinheit, die andere Kassette als passive Reserve-Funktionseinheit. Beide DSS-Kassetten überwachen sich gegenseitig. Im Fehlerfall erfolgt die Meldung eines Systemalarms über die Datenbahn an die Pultsteuerrechner, was zu entsprechenden Alarmausgaben führt. Tritt eine Störung in der gerade aktiven DSS-Kassette auf, die zum Funktionsausfall des Mikrorechners führt, so übernimmt die passive DSS-Kassette die Steuerfunktion.

Das Prinzip der Überwachung, Fehlermeldung und Statusumschaltung ist im Bild 4.64 dargestellt.

Zur Erkennung eines Fehlers sind in jeder DSS-Kassette umfangreiche Überwachungsmaßnahmen erforderlich. Eine Reihe von Fehlern führen direkt zum Funktionsausfall des Mikrorechners (Mikrorechner gestört); bei anderen Fehlern bleibt der Mikrorechner aktiv. Es erfolgt eine Meldung über die Datenbahn.

Zu den *Überwachungsmaßnahmen* gehören

1. Erfassung von Hardwarefehlern und deren Eingabe in den Mikrorechner, z. B.
   Lüfterausfall
   Netzspannungsunterschreitung
   Versorgungsspannungsausfall
   Stützspannung für flüchtige RAM-Speicher zu gering
2. Erfassung von Hardwarefehlern über den Mikrorechner-Bus, z. B.
   Taktausfall (Systemtaktzyklus $T_\Phi \geqq 2\mu s$)
   RDY-Fehler
   WAIT-Überschreitung ($T_w \geqq 63\ T_\Phi$)
3. Erfassung von Hardwarefehlern durch das Programm, z. B.
   Speicherfehler
   Eingabe/Ausgabe-Fehler
   PIO-Koppelfehler
4. Erfassung von Software- und Strukturierfehlern, z. B.
   Softwaresystemfehler
   Zeitfondsüberwachung der Datenübertragung
   Stammdatenüberwachung beim Systemanlauf
   RESTART-Überwachung
   Paritäts- und Plausibilitätstests.

Bild 4.65 gibt einen Überblick über die funktionelle Zuordnung der Überwachungsbaugruppen und deren Einbindung innerhalb einer DSS-Kassette.

In Abhängigkeit von der Fehlerart erfolgt die notwendige Reaktion des Mikrorechners. Tafel 4.28 enthält einige Beispiele.

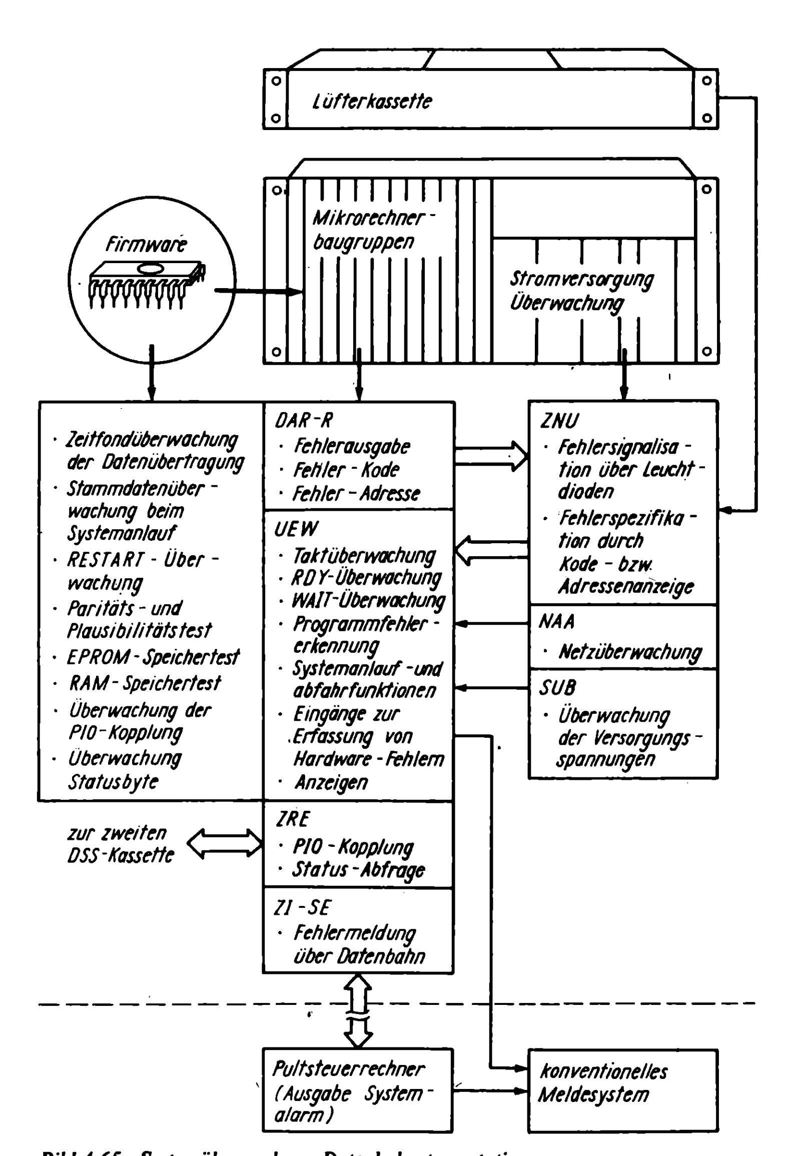


Bild 4.65. Systemüberwachung Datenbahnsteuerstation

DA-R Digitalausgabe mit Relais; UEW Überwachungsmodul; ZRE zentrale Recheneinheit; ZI-SE Zwischenblockinterface Steuereinheit; ZNU Fehleranzeigebaustein; NAA Netzausfallanalysator; SUB Spannungsüberwachungsbaustein

Tafel 4.28. Fehlerart und Reaktion des Mikrorechners (Beispiel für DSS-Kassette)

Fehlerart	Reaktion des Mikrorechners	Fehlermeldung
Netzspannungs-unterschreitung	NMI zur Vorbereitung auf einen möglichen Versorgungsspannungsausfall (z. B. Retten der Uhrzeit). Der Mikrorechner setzt anschließend seine Funktion fort, sofern kein weiterer Fehler vorliegt	keine Fehlermeldung
Versorgungsspannungs-ausfall	Über RESET geht der Mikrorechner außer Betrieb	Übernahme der Masterfunktion durch Reservekassette und Meldung des Stationsausfalls über die Datenbahn an den Pultsteuerrechner
WAIT-Überschreitung, Speicherfehler, Software-systemfehler	Datenübernahme und BUS-Spiel des Mikrorechners werden gestoppt (Setzen eines STOP-Speichers)	
Lüfterausfall, RDY-Fehler, Eingabe/Ausgabe-Fehler, PIO-Koppelfehler, Strukturierfehler	Mikrorechner bleibt aktiv	Meldung eines entsprechenden Systemalarms über die Datenbahn an den Pultsteuerrechner

Neben der Bildung eines Fehlerstatusbytes werden auf den Überwachungsbaugruppen die einzelnen Fehler bzw. Fehlergruppen über Leuchtdioden auf der Frontplatte angezeigt. Zusätzlich erfolgt auf dem Fehleranzeigebaustein eine Ausgabe der Fehleradresse bzw. des Fehlerkodes.

Eine zusätzliche Sammelfehlermeldung ist auf dem UEW-Modul über eine Relaisausgabe realisiert. Über diesen Relaisausgang kann der Anschluß an ein konventionelles Meldesystem erfolgen.

4.3.2.3. Pultsteuerrechner

Der Pultsteuerrechner (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) kommt stets gemeinsam mit einer Bedientastatur und einem Farbmonitor zum Einsatz. Erst in dieser Gerätekombination ist die Funktionsfähigkeit gegeben.

Unter Einbeziehung der zusätzlich erforderlichen Datenverarbeitungsperipheriegeräte wird der Pultsteuerrechner zur zentralen Schnittstelle zwischen Mensch und Anlage.

Der Pultsteuerrechner realisiert sowohl die Schnittstelle zur MSR-Anlage und damit zum Prozeß (Prozeßkommunikation) als auch die zu den Mikrorechnereinheiten des Automatisierungssystems (Systemkommunikation); s. auch Abschnitte 4.4. und 4.6.

Die Konfiguration des Pultsteuerrechners ist für diese Aufgaben ausgelegt. Neben den Baugruppen des Rechnerkerns sind alle erforderlichen Schnittstellen für den Anschluß der Kommunikationsgeräte und der Datenverarbeitungsperipheriegeräte vorgesehen. Der Anschluß an die Datenbahn erfolgt über das schnelle serielle Zwischenblockinterface.

Bild 4.66 zeigt ein typisches Beispiel für die Konfiguration der Mikrorechnerbaugruppen eines Pultsteuerrechners.

Da die Anforderungen an einen Pultsteuerrechner hinsichtlich Funktionsumfang und Schnittstellen nicht in allen Anlagen gleich sind, kommen unterschiedliche Konfigurationen zum Einsatz.

Die typischen Konfigurationen wurden als Standardvarianten aufbereitet. Diese Varianten unterscheiden sich hinsichtlich

Speicherumfang
Anzahl und Auswahl der Peripheriegeräte
Ausführung der Datenbahn.

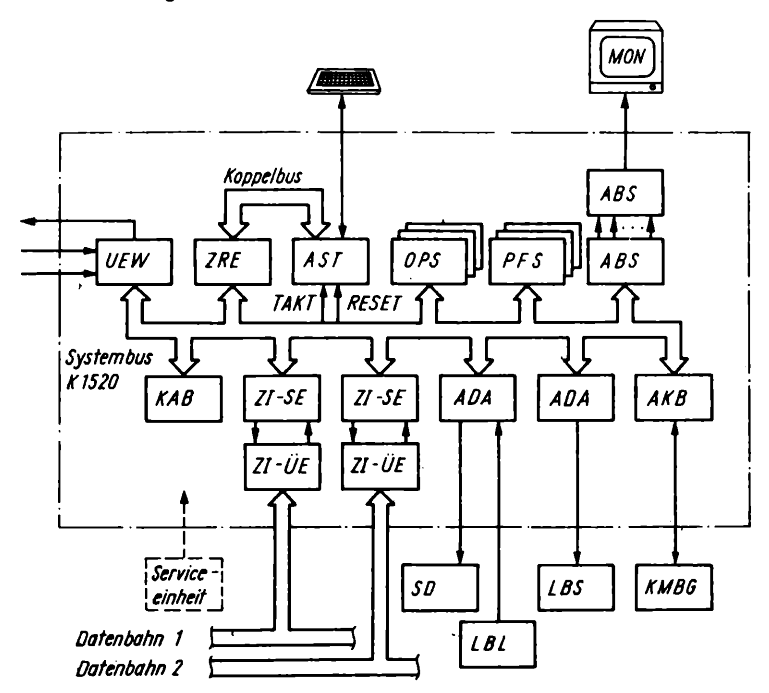


Bild 4.66. Konfiguration der Mikrorechnerbaugruppen eines Pultsteuerrechners (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

MON Farbmonitor; UEW Überwachungsmodul; ZRE zentrale Recheneinheit; AST Anschlußsteuerung Bedientastatur; OPS Operativspeicher; PFS programmierbarer Festwertspeicher; ABS Anschlußsteuerung für Farbmonitor; KAB Kaskadenbrücke; ZI-SE Zwischenblockinterface Steuereinheit; ZI-ÜE Zwischenblockinterface Übertragungseinheit; ADA Anschlußsteuerung für Drucker/Lochbandgeräte; AKB Anschlußsteuerung für Kassettenmagnetbandgerät; SD Seriendrucker; LBL Lochbandleser; LBS Lochbandstanzer; KMBG Kassettenmagnetbandgerät

Durch die Anwendung von Standardvarianten ergeben sich folgende Vorteile:

- Der Projektierungsaufwand wird minimiert. Er beschränkt sich auf die Auswahl der für den konkreten Einsatzfall benötigten Variante.
- Durch ständig wiederkehrende Lösungen ergibt sich ein geringerer Fertigungs- und Prüfaufwand beim Hersteller.
- Es kommt eine erprobte Lösung zum Einsatz, so daß das Auftreten verdeckter Hardware- oder Softwarefehler weitgehend ausgeschlossen werden kann.
- Inbetriebnahme und Service vereinfachen sich durch Anwendung von Standarddokumentation und einheitlichen Prüfverfahren.

Der rasche Generationswechsel von einzelnen Baugruppen oder Peripheriegeräten führt auf der anderen Seite dazu, daß die Standardlösungen in bestimmten Zyklen überarbeitet werden müssen. Nur so kann ein Erzeugnis garantiert werden, das dem technisch aktuellen Entwick-

lungsstand entspricht. Entwickler und Hersteller haben daher eine durchgängige Aktualisierung und rasche Überleitung neuer Lösungsvarianten zu sichern. Dazu sind erhebliche Aufwendungen in den Bereichen Konstruktion und Technologie sowie für die gesamte Erzeugnisdokumentation erforderlich.

Alle Pultsteuerrechnervarianten sind mit einem aufgabenbezogenen Standardbetriebssystem ausgestattet. Es steht als Firmware in Form von programmierten EPROM-Schaltkreisen zur Verfügung. Die objektspezifische Anpassung erfolgt mit der Erzeugung von Wörterbüchern und Strukturierdaten im Rahmen der Projektierung.

Konstruktiver Aufbau

Der Pultsteuerrechner besteht aus vier Kassetten, die mit einer Baugruppenaufnahme zu einem Block verbunden sind. Bild 4.67 zeigt einen bestückten Pultsteuerrechnerblock.

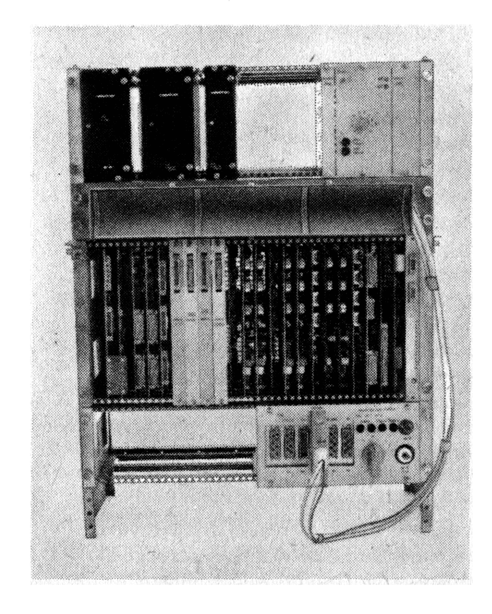


Bild 4.67. Pultsteuerrechner (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Der Pultsteuerrechner ist für den Einbau in einen Pultuntersatz bzw. ein Beistellgefäß vorbereitet. Hauptabmessungen und mechanische Anschlußbedingungen des Rechnerblocks sind identisch mit denen der Datenbahnsteuerstation (Bild 4.59). Nur die Einbauhöhe der Lüfterkassette ist abweichend.

Alle elektrischen Verbindungen zwischen den Kassetten sind auf der Rückseite des Rechnerblocks realisiert (Rückverdrahtung).

Ein Auswechseln einzelner Kassetten (Ausnahme: Lüfterkassette) ist für den Service- und Reparaturfall nicht vorgesehen. Der Austausch im Fehlerfall erfolgt i. allg. auf dem Baugruppenniveau, da alle Baugruppen steckbar ausgeführt sind. Darüber hinaus kann der gesamte Pultsteuerrechner mit wenigen Handgriffen aus dem Gefäß genommen werden.

Alle elektrischen Verbindungen zum Rechnerblock (z. B. Versorgungsleitungen, Interfaceleitungen) sind steckbar ausgeführt. Der Anschluß erfolgt generell frontseitig.

Der Pultsteuerrechner ist außerhalb des Gefäßes voll funktionsfähig, sofern die elektrischen Verbindungen über entsprechende Adapterleitungen wiederhergestellt werden (Servicefall).

Mikrorechnerkassette. Als Aufnahme für die Mikrorechnerbaugruppen dient ein modifizierter Baugruppeneinsatz C1 nach TGL 25071 mit den Teilungsmaßen b_1 = 480 mm, h_1 = 240 mm, t_1 = 240 mm.

Anstelle des Verdrahtungsrahmens der ersten Steckerebene befindet sich eine durchgehende Rückverdrahtungsleiterplatte. Sie realisiert den Koppel- und Systembus des Mikrorechners.

Zur Aufnahme der Baugruppen ist die Rückverdrahtungsleiterplatte je Steckplatz mit zwei Buchsenleisten bestückt. Die Mikrorechnerkassette realisiert 24 Steckplätze im 20-mm-Raster.

Tafel 4.29 gibt ein Bestückungsbeispiel für eine Pultsteuerrechnervariante mit einem Speicherumfang von 96 KByte (29 KByte RAM, 67 KByte EPROM) sowie einem redundant ausgeführten Ferninterface.

Stromversorgungskassette. Zur Aufnahme der Stromversorgungs- und Überwachungsbaugruppen findet ein Baugruppeneinsatz C1 mit der Nennhöhe h_1 = 160 mm Verwendung.

Tafel 4.29. Baugruppenbestückung der Mikrorechnerkassette des Pultsteuerrechners (Beispiel)

Steckplatz	Baugruppe	Bemerkung
93	UEW	Überwachungsmodul
89	ZRE	zentrale Recheneinheit
85	KAB	Kaskadenbrücke
81	ZI-SE	Zwischenblockinterface Steuereinheit
77	ZI-ÜE	Zwischenblockinterface Übertragungseinheit
73	ZI-SE	Zwischenblockinterface Steuereinheit
69	ZI-ÜE	Zwischenblockinterface Übertragungseinheit
65	AST	Anschlußsteuerung Tastatur
61	PFS	programmierbarer Festwertspeicher (16 KByte)
57	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
53	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
49	PFS	programmierbarer Festwertspeicher (16 KByte)
45	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
41	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
37	PFS	programmierbarer Festwertspeicher (16 KByte)
33	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
29	OPS	Operativspeicher (4 KByte)
25	PFS	programmierbarer Festwertspeicher (16 KByte)
21	AKB	Anschlußsteuerung für Kassettenmagnetbandgerät
17	ADA	Anschlußsteuerung für Drucker/Lochbandgeräte
13	ADA	Anschlußsteuerung für Drucker/Lochbandgeräte
9	ABS I	Anschlußsteuerung für Farbmonitor
5	ABS II	
1	–	

Tafel 4.30. Baugruppenbestückung der Stromversorgungskassette des Pultsteuerrechners (Beispiel)

Steckplatz	Baugruppe	Bemerkung
11	Stromversorgungszusatzbaugruppe STZ	5N, 5P2, 15N, 15P/75 W
27	Stromversorgungsmodul STM	5P1/100 W
39	Stromversorgungsmodul STM	12P/50 W
69	Komparatorbaugruppe	Überwachung von 5P2, 15N, 15P
73	Überwachungsgrundbaustein	Überwachung von 5N, 5P1, 12P
89	Netzausfallanalysator	Überwachung der Netzspannung

Die Bestückung einer Stromversorgungskassette, paßfähig zur Baugruppenbestückung gemäß Tafel 4.29, zeigt Tafel 4.30.

Einspeisekassette. Sie dient der Aufnahme des Einspeisemoduls als zentrale Übergabebaugruppe für die Energieversorgung des Pultsteuerrechners. Es wird ein Baugruppeneinsatz C1 der Nennhöhe h_1 = 120 mm verwendet.

Der Einspeisemodul enthält unter anderem Hauptschalter, Sicherungen, Anzeigen und einen zentralen Netzfilter.

Lüfterkassette. Es kommt eine Lüfterkassette mit drei Axiallüftern, Lüfterüberwachung, Ansaugtubus und Filter zum Einsatz (Nennhöhe h_1 = 80 mm).

Einspeisung, Stromversorgung, Schutzmaßnahmen

Die Zuführung der Netzspannung erfolgt von einer Klemmleiste des Gefäßes aus über eine steckbare Anschlußleitung zum Einspeisemodul des Pultsteuerrechners.

Im Einspeisemodul erfolgt die Absicherung und Verteilung der Versorgungsspannung. Neben den Stromversorgungsmodulen erhalten Lüfterkassette und Farbmonitor vom Einspeisemodul aus ihre Netzspannung.

Die Verbindung zu den Stromversorgungsmodulen erfolgt über die Rückverdrahtung; Lüfterkassette und Farbmonitor werden über frontseitige Steckverbinder angeschlossen.

Zu den weiteren Funktionen des Einspeisemoduls gehören

- Unterdrückung von Störspannungen durch einen zentralen Netzfilter
- Erzeugung einer Meldespannung (24 V Gs.) zur Versorgung der Überwachungsbaugruppen
- Übergabe eines Fehlermeldesammelsignals zur externen Nutzung
- Übergabe einer externen ausfallgesicherten Melde- und Stützspannung (24 V Gs.) an den Pultsteuerrechner
- Versorgung eines Kassettenmagnetbandgeräts mit den erforderlichen Betriebsspannungen aus der Stromversorgungskassette des Pultsteuerrechners.

Das Prinzip der Stromversorgung eines Pultsteuerrechners ist im Bild 4.68 dargestellt.

Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen. Am Pultsteuerrechner sind die Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen an betriebsmäßig nicht unter Spannung stehenden Teilen gemäß TGL 200-0602/03 realisiert.

Schutzleiteranschlüsse an Rechnerblock und Gefäß sind wie bei der Datenbahnsteuerstation ausgeführt (s. Abschn. 4.3.2.2.).

Mikrorechnerbezugspotential. (Ausführung analog zur Datenbahnsteuerstation; s. Abschn. 4.3.2.2.)

Maßnahmen zur Datensicherung bei Unterbrechung der Versorgungsspannung. Zur Stützung der flüchtigen Datenspeicher werden analog zur Datenbahnsteuerstation mehrere Lösungen angeboten (s. Abschn. 4.3.2.2.).

Im Rahmen der Projektierung wird die für den konkreten Einsatzfall erforderliche Lösung festgelegt. Dabei ist zu beachten, daß bei Datenverlust im Pultsteuerrechner die Strukturierdaten von der Stationskassette aus neu zu laden sind. Der Vorgang dauert einige Minuten und erfordert die Freigabe der Systemfunktionstasten der Tastatur mittels Schlüsselschalters.

Während dieser Zeit befindet sich der Pultsteuerrechner im Zustand OFF-0, d. h., eine Prozeßbedienung ist nicht möglich.

Systemüberwachung

Zur Systemüberwachung gehören wie bei der Datenbahnsteuerstation eine Reihe von Hardware- und Softwaremaßnahmen. Zur Fehlerausgabe werden beim Pultsteuerrechner Farbmonitor und Tastatur genutzt.

Über den Bildschirm wird auf der obersten Bildzeile rechts die höchstpriorisierte Fehlermitteilung ausgegeben. Dazu sind neben den Fehlern, die zum Rechnerhalt führen, die weiteren Fehlerklassen nach Prioritäten geordnet. Fehlerklasse 0 erhält die höchste Priorität.

Die Fehlerausgabe erfolgt unabhängig vom angewählten Bildregime. Zusätzlich werden im

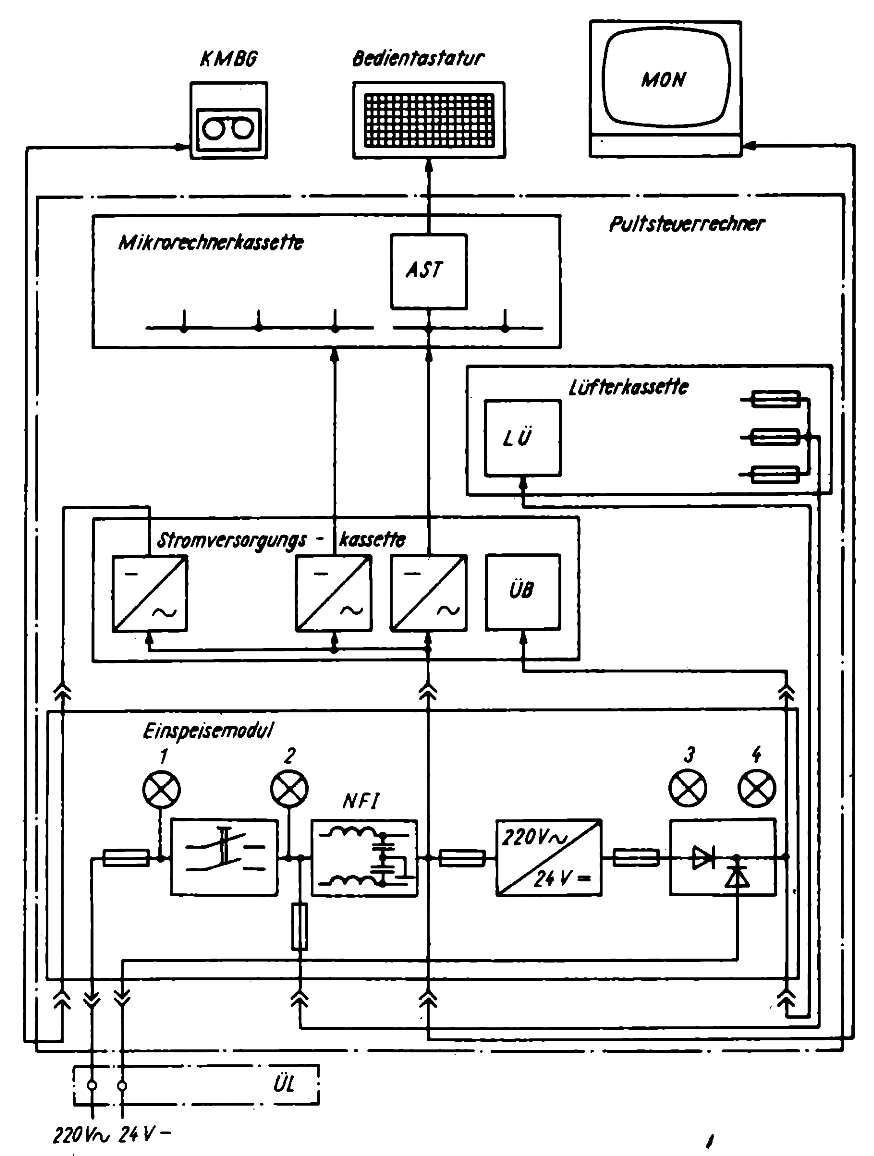


Bild 4.68. Stromversorgung Pultsteuerrechner

1 Netzanzeige; *2* Anzeige bei Schalterstellung EIN; *3*, *4* Anzeige der Meldespannung (intern, extern)
KMBG Kassettenmagnetbandgerät; MON Farbmonitor; AST Anschlußsteuerung für Bedientastatur; LÜ Lüfterüberwachung; ÜB Überwachungsbausteine; NFI Netzfilter; ÜL Übergabeleiste

Alarmprotokoll die entsprechenden Systemalarme ausgegeben. Über die Tastatur erfolgt eine akustische Signalisierung.

Tafel 4.31 enthält Beispiele für Fehlerausgaben auf dem Bildschirm. Zusätzlich zur Anzeige auf dem Bildschirm werden auf den Überwachungsbaugruppen des Pultsteuerrechners

Tafel 4.31. Fehlerausgaben auf dem Bildschirm (Beispiele)

Fehlerausschrift Monitor	Erläuterung	
RAM-FEHLER XXXX HALT	XXXX	Adresse der fehlerhaften Zelle
ROM-FEHLER -Y-XXXX HALT	Y	Speicherebene
	XXXX	Schaltkreisbasisadresse
CTC-FEHLER HALT	PSR ist nicht mehr interruptfähig	
SV 0000 HALT	Stackverschiebung	
SU 0000 HALT	Stacküberschreitung	
BR 0000 HALT	Breakfehler	
SP XXYY HALT	Durch Readyüberwachung erkannter Speicherfehler	
	XX	aktueller Bereich
	YY	höherwertiger Teil der Speicheradresse
F0 0000	Zyklusüberschreitung	
F1 XXYY	DÜ-Ausführungsfehler	
	YY	betroffene Station
	XX	Fehlerspezifikation
F2 XXYZ	Gerätefehler	
	XX	Gerätemaske
	YZ	Busadresse des gestörten Kanals
F3 00YY	Zeitfehler DÜ/EA	
	YY	Nummer des betroffenen Verarbeitungsprogramms
F4 XXYY	Alarmerfassungsfehler	
	YY	Adresse der betreffenden Station (PSR, BSE)
	XX	Fehlerspezifikation
F5 00YY	Readyfehler E/A-Karte	
	YY	Toradresse
F6 00YY	Versorgungsspannungsfehler/Lüfterausfall	
F7 XXYY	Fehler bei Bedienprotokollerfassung	

Fehler bzw. Fehlergruppen über Leuchtdioden angezeigt. Damit können Fehlerursache und Fehlerort weiter eingegrenzt werden (z. B. bei Versorgungsspannungsausfällen). Außerdem werden solche Fehler an den Überwachungsbaugruppen direkt angezeigt, die infolge Rechnerausfall nicht mehr auf dem Bildschirm zur Anzeige gebracht werden können (z. B. Taktausfall).

Bild 4.69 gibt einen Überblick über die Systemüberwachung eines Pultsteuerrechners.

Auch am Pultsteuerrechner erfolgt zusätzlich die Ausgabe einer Sammelfehlermeldung über Relaiskontakt. Es ist somit der Anschluß an ein konventionelles Meldesystem möglich.

4.3.2.4. Bedientastatur

Die Bedientastatur (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow) kommt stets gemeinsam mit einem Pultsteuerrechner und einem Farbmonitor zum Einsatz.

Zur Tastatur gehört eine Anschlußsteuerung, die als Baugruppe im Pultsteuerrechner angeordnet ist.

Tastatur und Anschlußsteuerung gestatten die manuelle Eingabe von alphanumerischen und numerischen Zeichen, Ruf- und Steuerinformationen sowie von Startbedingungen.

Über optische und akustische Ausgaben (Leuchtdioden und Summerbaustein) können dem Bediener Zustandsinformationen des angeschlossenen Pultsteuerrechners übermittelt werden.

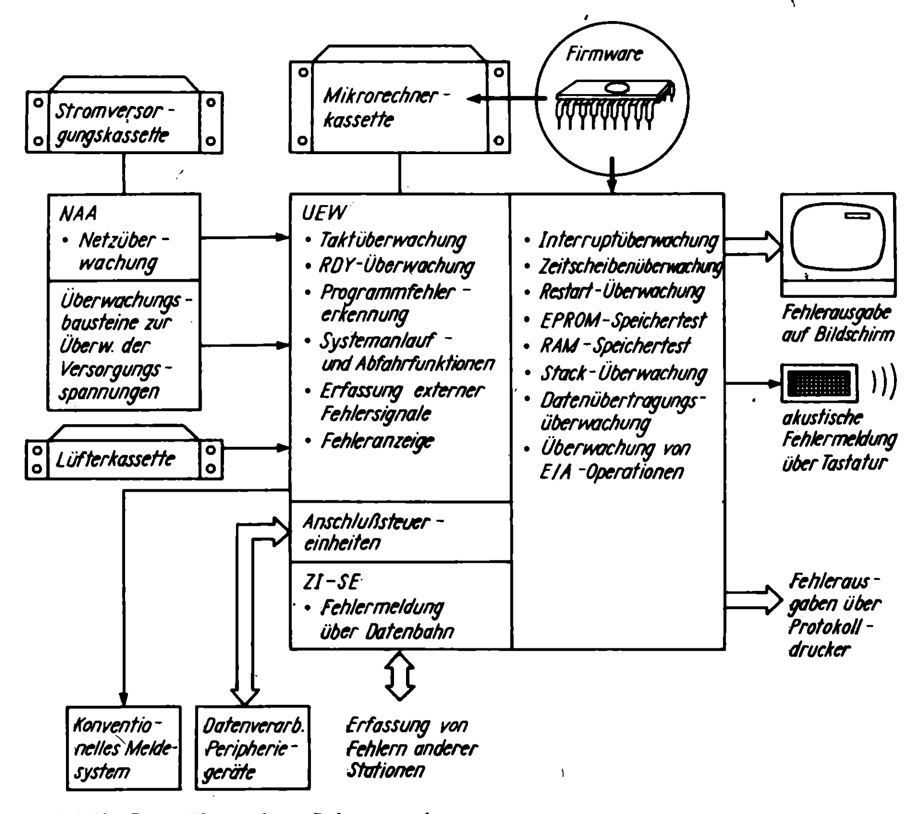


Bild 4.69. Systemüberwachung Pultsteuerrechner

NAA Netzausfallanalysator; UEW Überwachungsmodul; ZI-SE Zwischenblockinterface Steuereinheit

Tastatur und Anschlußsteuerung ermöglichen die Bedienung

- eines alphanumerischen Tastenfelds
- funktionsorientierter Tastengruppen
- eines Schlüsselschalters zur Verriegelung bestimmter Funktionstasten
- von Funktionstasten, die eine stetige Wertänderung von Prozeßparametern ermöglichen
- einer Beschleunigertaste, die die Parameteränderung n-fach beschleunigt
- einer RESET-Taste, die in Abhängigkeit von der Schlüsselschalterstellung ein „Hardware-RESET" für die Anschlußsteuerung und alle anderen Elektronikbaugruppen des angeschlossenen Pultsteuerrechners erzeugen kann.

Folgende Ausgaben werden von der Tastatur realisiert:

- akustische Rückmeldung bei Tastenbetätigung
- akustische Ausgabe von Prozeßalarmen (Summerton mit einer Frequenz von rund 800 Hz mit 0,8 Hz getaktet)
- akustische Ausgabe von Systemalarmen (Summerton mit einer Frequenz von rund 800 Hz mit 8 Hz getaktet)
- Anzeigen über Leuchtdioden, z. B. für die Betriebsart des Pultsteuerrechners (OFFLINE, ONLINE).

Für alle verfahrenstechnischen Prozesse wird eine Tastatur mit einheitlichem Tastenfeld-

aufbau verwendet. Bild 4.70 zeigt die Tastatur in einer Ausführung als Tischgerät. Sie ist mit einer festen Anschlußleitung (Länge 3 m) versehen. Der Tastenfeldaufbau einschließlich Kennzeichnung der verschiedenen Tastengruppen ist im Bild 4.71 dargestellt.

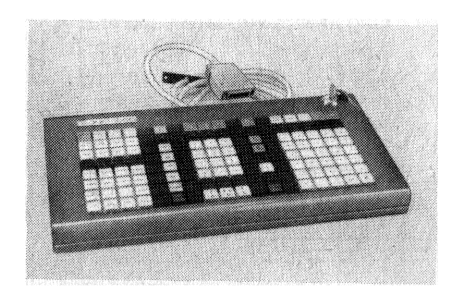


Bild 4.70. Bedientastatur audatec (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

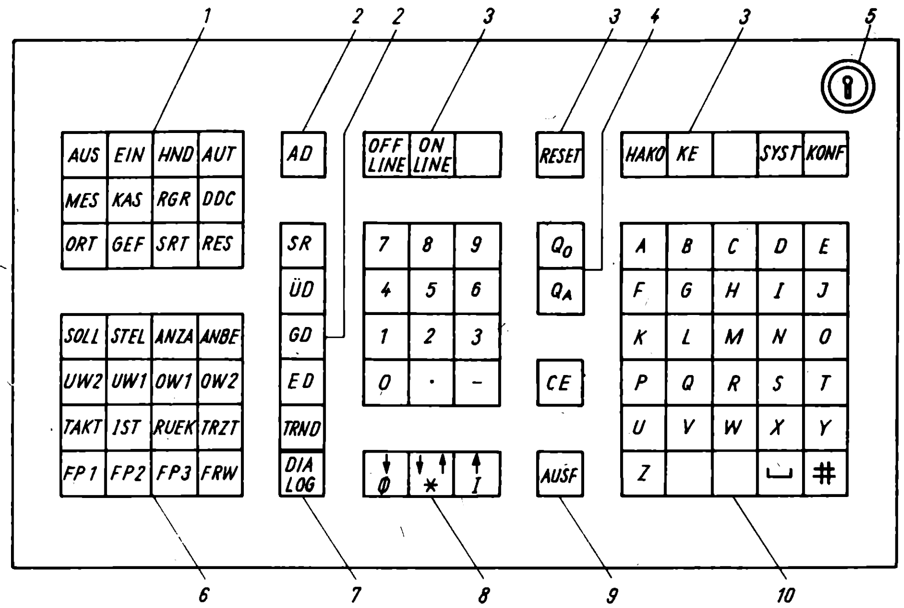


Bild 4.71. Tastenfeldbelegung Bedientastatur audatec (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

1 Betriebsartentasten; *2* Bildanwahltasten; *3* Systemfunktionstasten; *4* Quittungstasten für optische und akustische Alarme; *5* Schlüsselschalter zur Verriegelung von Systemfunktionstasten; *6* Datentyptasten; *7* Aufruf zum Dialog; *8* Ausführungstasten für stetige Werteingaben bzw. für Schaltfunktionen; *9* Ausführungstaste für numerische Werteingabe; *10* Alphatastenfeld für Kommandoeingaben

In dieser Tastatur kommt der Tastenschalter TSH 19 F nach TGL 36811 zur Anwendung.

Für die Montage der Tastenschalter wird das Baukastensystem Tastaturen nach TGL 36774 im Zusammenhang mit einer durchkontaktierten Einlagenleiterplatte verwendet.

Die Anschlußsteuerung ist eine Mikrorechnerbaugruppe mit eigenem Prozessor und Programmspeicher (EPROM). Das Prinzip der Zusammenschaltung Tastatur–Anschlußsteuerung–Pultsteuerrechner ist im Bild 4.72 dargestellt.

Die zentrale Verarbeitungseinheit auf der Anschlußsteuerung organisiert eine zyklische Abfrage der Tastenmatrix über die Eingabe/Ausgabe-Kanäle der PIO-Schaltkreise. Bei ge-

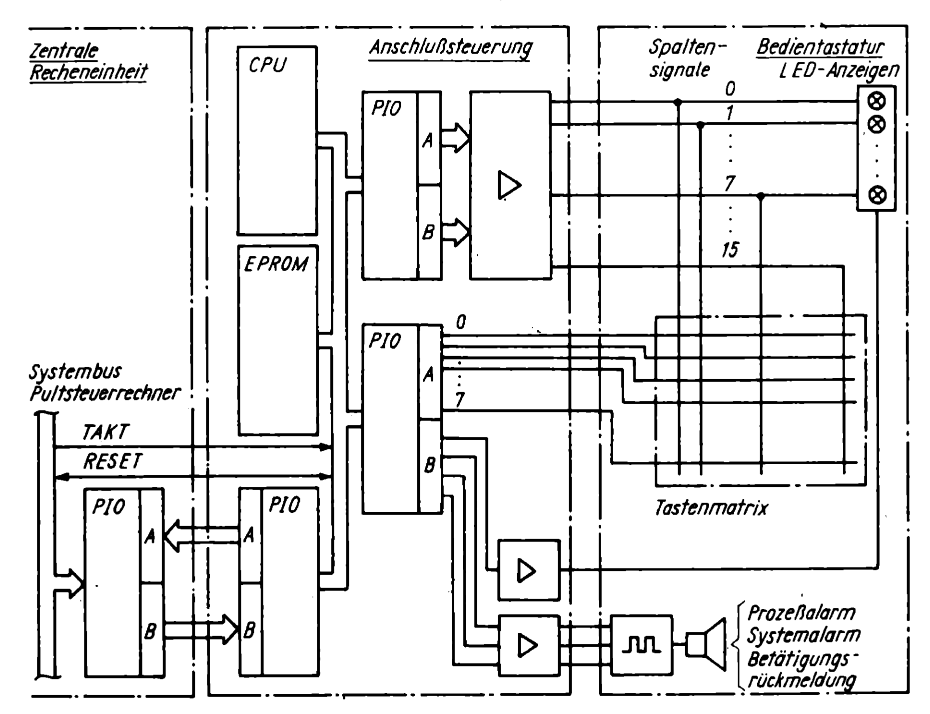


Bild 4.72. Funktionsprinzip Bedientastatur audatec (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

drückter Taste wird die Tastenposition von einem mitlaufenden Positionszeiger zwischengespeichert, bis alle Tastenpositionen abgefragt sind. In der folgenden Auswertung werden den betreffenden Positionen, falls keine Fehlbedienungen oder Wiederholungen vorliegen, die entsprechenden Tastenkodes zugeordnet. Sie sind in Form einer Kodetabelle auf dem EPROM abgelegt. Die Übergabe der Tastenkodes an den Pultsteuerrechner erfolgt interruptgesteuert. Jeder übergebene Tastenkode löst eine akustische Quittierung in der Tastatur aus. Die Anschlußsteuerung wird über eine parallele Schnittstelle an den Koppelbusanschluß der zentralen Recheneinheit des Pultsteuerrechners angeschlossen (PIO-PIO-Schnittstelle).

4.3.2.5. Alphanumerische Tastatur

Neben dem Einsatz der Bedientastatur ist auch die Anwendung der alphanumerischen Tastatur K 7634 (VEB Kombinat Robotron) möglich. Der Einsatz erfolgt besonders bei den autonomen Automatisierungseinrichtungen zur Bedienung spezieller Kundenprogramme und zur Realisierung der seriellen Bedienung in Verbindung mit dem Schwarzweißmonitor. Die Tastatur dient der manuellen Eingabe von alphanumerischen und numerischen Zeichen, Ruf- und Steuerinformationen sowie von Startbedingungen in die angeschlossene autonome Automatisierungseinrichtung (Slave- oder Masterrechner). Die Tastatur wird als Auftischvariante eingesetzt.

In der Grundstruktur garantiert die Kerntastatur die Bedingungen für die 10-Finger-Blindschreibtechnik.

Der Anschluß erfolgt über die Anschlußsteuereinheit ATS K 7028.

Bei einer Tastenbetätigung wird elektronisch ein Zählerstand eingestellt, der der betätigten Taste entspricht und der gleichzeitig einen EPROM ansteuert.

Während der Tastenbetätigung wird nach maximal 30 ms ein aktives Interruptsignal gebildet, das weiterverarbeitet wird.

Die Tastatur ist wartungsfrei und wird im Dauerbetrieb eingesetzt.

4.3.2.6. Farbmonitor

Der Farbmonitor (VEB Kombinat Robotron) ist das zentrale Kommunikationsmittel der Prozeßleit- und Kommunikationsebene (Bild 4.73). Alle an einem Leitstand benötigten Prozeß- und Systeminformationen können über Farbmonitore ausgegeben werden.

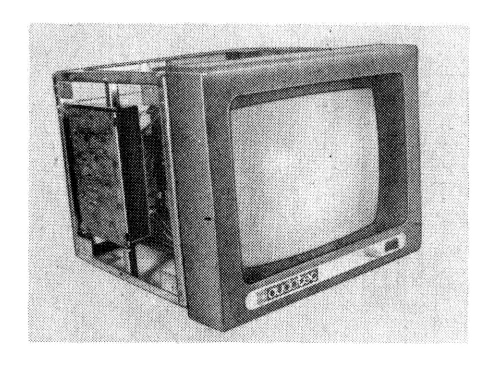


Bild 4.73. Farbmonitor K7226 (VEB Kombinat Robotron)

Wie die Bedientastatur kommt auch der Farbmonitor immer im Zusammenhang mit einem Pultsteuerrechner zum Einsatz. Zum Farbmonitor gehört eine Anschlußsteuerung, die Bestandteil des Pultsteuerrechners ist.

Auf dem Bildschirm erfolgt die Anzeige alphanumerischer Informationen und quasigrafischer Gebilde mit einem Darstellungsformat von 32 Zeilen mit je 64 Zeichen. Alphanumerische Zeichen werden in einem Raster von 5×7 Bildpunkten erzeugt. Die Darstellung der Grafikelemente erfolgt im Raster von 7×9 Bildpunkten, so daß ein lückenloser Bildaufbau möglich ist. Es sind acht Farben darstellbar, die für Zeichen und Hintergrund je Zeichenposition getrennt wählbar sind:

Rot, Grün, Blau, Gelb, Zyan, Purpur, Weiß, Schwarz.

Die Bilderzeugung erfolgt nach dem Fernsehprinzip. Die drei Elektronenstrahlen für die Grundfarben Rot, Grün und Blau werden parallel mit einer hohen Horizontal- und niedrigen Vertikalfrequenz über den Bildschirm abgelenkt. Die drei Strahlen werden je nach darzustellender Information unabhängig voneinander punktweise hell- oder dunkelgetastet.

Das Bildfeld enthält 288 Horizontallinien mit je 448 Punkten. Bei einem Positionsraster von 7×9 Bildpunkten können so insgesamt 2048 Zeichen je Bild dargestellt werden.

Der Monitor enthält nur die elektrischen Funktionsgruppen, die zur Erzeugung eines Bildfelds auf dem Bildschirm erforderlich sind. Die Aufbereitung der darzustellenden Informationen einschließlich Bereitstellung der Informations- und Steuersignale erfolgt über die Anschlußsteuerung.

Zu den Funktionsgruppen des Farbmonitors gehören

Ablenkstufen
Hochspannungserzeugung
Helltastverstärker
Netzteil
Kabelempfänger/Kabeltreiber.

Bild 4.74 zeigt das Blockschaltbild des Monitors. Die drei Elekronenstrahlen der Farbbildröhre werden durch die drei von der Anschlußsteuerung kommenden Informationssignale

VIDR (Rot), VIDG (Grün), VIDB (Blau) entsprechend den darzustellenden Zeichen und Farben moduliert. Der freischwingende Generator zur Linienerzeugung wird durch das Synchronisationssignal SYN synchronisiert.

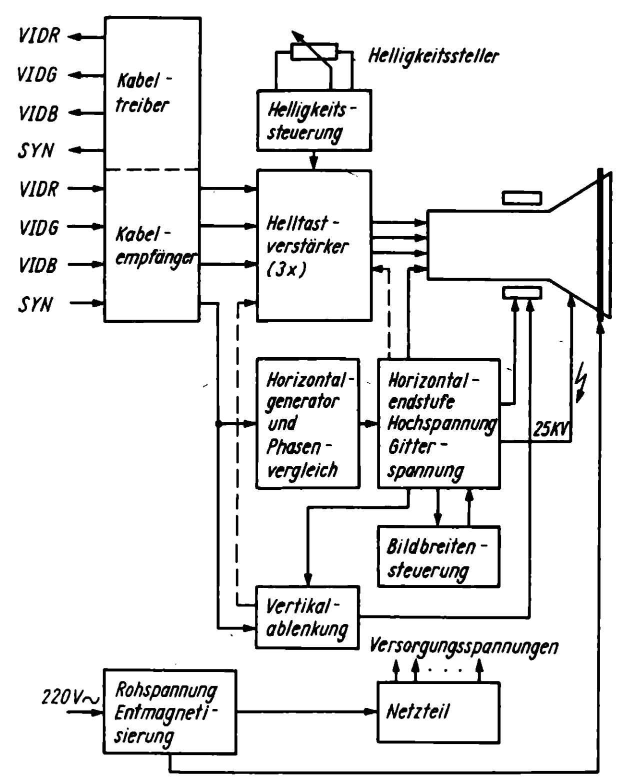


Bild 4.74. Blockschaltbild Farbmonitor K7226 (VEB Kombinat Robotron)
SYN Synchronisationssignal; VIDR, VIDG, VIDB Videosignale Rot, Grün, Blau

Über einen zusätzlichen Kabeltreiber kann in speziellen Einsatzfällen ein weiterer Monitor angeschlossen werden. So können beispielsweise zwei oder mehrere Monitore, die an verschiedenen Stellen stehen, aus einem Pultsteuerrechner mit dem gleichen Bild versorgt werden.

Der Farbmonitor ist als Einschubbaugruppe ausgeführt.

Als Bildröhre kommt eine In-line-Röhre zum Einsatz mit einer Diagonale von 51 cm. Mit einem frontseitig angeordneten Helligkeitssteller kann die Schirmhelligkeit der Raumbeleuchtung angepaßt werden.

Anschlußsteuerung

Die Anschlußsteuerung ist eine Mikrorechnerbaugruppe, bestehend aus zwei Karteneinschüben.

Sie enthält einen eigenständigen Rechnerteil einschließlich Programm- und Arbeitsspeicher sowie die Funktionsgruppen Zeichengenerator und Bildwiederholspeicher. Eine vereinfachte Blockschaltung wird im Bild 4.75 gezeigt.

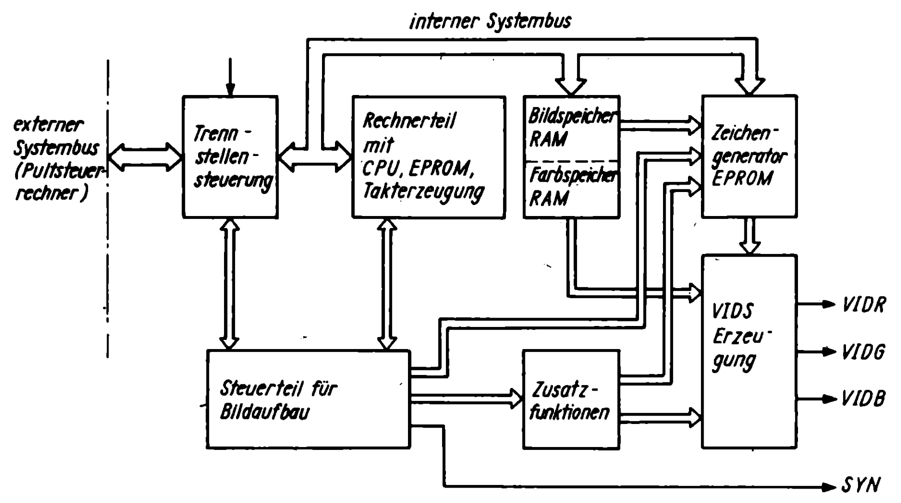


Bild 4.75. Blockschaltbild Anschlußsteuerung Farbmonitor K7029 (VEB Kombinat Robotron)
VIDS Videosignal; VIDR, VIDG, VIDB Videosignale Rot, Grün, Blau; SYN Synchronisationssignal

Tafel 4.32. Technische Daten Farbmonitor

Bildröhre	51 cm Diagonale, In-line-Röhre, Schlitzmaske, 0,82 mm Schlitzabstand	
Bildfeldgröße	(250 ± 15) mm × (360 ± 15) mm	
Farben	Rot, Gelb, Grün, Cyan, Blau, Purpur, Weiß, Schwarz	
Helligkeit	kontinuierlich einstellbar	
Linearität	≦ 10%	
Konvergenz	≦ 2,8 mm (Abstand zwischen beliebigen Farbpunkten eines Tripels)	
Linienzeit	60 ... 64 µs	
Linienrücklaufzeit	≧ 17 µs	
Bildwiederholzeit	16 ... 20 ms	
Bildrücklaufzeit	≧ 1,5 ms	
Punktschreibzeit	≧ 70 ns	
Signaleingänge	4 (VIDR, VIDG, VIDB, SYN)	
	4 × Koax-HF-Kabel 75-4-4 TGL 200-1579	
	Kabellänge	≦ 100 m
	Signalpegel LOW	≦ 0,6 V
	Signalpegel HIGH	≧ 1,4 V
	Flankensteilheiten	≦ 30 ns
Betriebsspannung	220 V +10% −15%, 50 ... 60 Hz	
Leistungsaufnahme	85 W	
Schutzgrad	IP 00	
Schutzklasse	I	
Betriebsdauer	24-h-Betrieb	
Belüftung	freie Konvektion	
Einsatzklasse	+5/+40/+30/80//11-1E (TGL 26465)	
Luftdruck	84 ... 107 kPa	
Masse	29 kg	

Bildwiederholspeicher. Zur Speicherung des aktuellen Bildes wird ein fester RAM-Speicherbereich der Anschlußsteuerung als Bild- und Farbspeicher genutzt. Dieser ist dem adressierbaren Arbeitsspeicherbereich des Pultsteuerrechners zugeordnet. Der Umfang beträgt 4 KByte (bzw. 8 KByte bei Nutzung von Sonderfunktionen).

Jeder Bildposition auf dem Bildschirm ist eine feste Adresse im Bildspeicher bzw. Farbspeicher zugeordnet.

Der aus dem Bildspeicher ausgelesene aktuelle Zeichenkode wird einem Zeichengenerator zugeführt (EPROM), der in Abhängigkeit von der aktuellen Zeichenlinienadresse den Punktkode erzeugt. Dieser Punktkode wird in einem Parallel-Serien-Wandler serialisiert und mit der aus dem Farbspeicher ausgelesenen aktuellen Farb- bzw. Steuerinformation verknüpft. So entstehen die drei Steuersignale für die Grundfarben Rot, Grün und Blau zur Steuerung der Helltastverstärker im Monitor.

Zeichengenerator. Der Zeichengenerator setzt die im Bildspeicher abgelegten Kodes in sichtbare Zeichen um. Es können alphanumerische und quasigrafische Zeichen abgelegt werden. Maximal sind 256 Zeichen möglich. Der Zeichengenerator besteht aus drei EPROM-Schaltkreisen. Sie werden mit dem Bitmuster der Zeichen programmiert, die für den aktuellen Anwendungsfall benötigt werden. Bei der Projektierung kann auf Standardzeichengeneratoren zurückgegriffen werden.

Die technischen Daten des Farbmonitors sind in Tafel 4.32 zusammengestellt.

4.3.2.7. Schwarzweißmonitor

Der Schwarzweißmonitor (VEB Kombinat Robotron) wird zur Bedienung der autonomen Automatisierungseinrichtung eingesetzt. Der Monitor ist ein Auftischgerät. Das Chassis ist auf einem zwischen zwei Anschlägen drehbaren Sockel angebracht. Die Bildschirmdiagonale beträgt 31 cm.

Zum Anschluß an die autonome Automatisierungseinrichtung wird die Anschlußsteuerung ATS K 7023 eingesetzt. Diese Anschlußsteuerung enthält die gesamte, für den Bildaufbau und -inhalt benötigte Hardware (einschließlich Zeichengenerators) und stellt über ein Steuerkabel die notwendigen und aufbereiteten elektrischen Signale für den Bildschirm zur Verfügung. Außer Bildröhre, Ablenkeinheit und Helligkeitsregler sind alle elektrischen Bauelemente auf drei Leiterplatten angeordnet. Die elektrischen Baugruppen sind über Kabel mit Steckern untereinander verbunden. Die Verbindungskabel zur Anschlußsteuerung und zur Stromversorgung werden auf der Verteilerplatte angeklemmt und am Chassis zugentlastet.

4.3.2.8. Datenverarbeitungsperipheriegeräte

Zum Betreiben einer *audatec*-Automatisierungsanlage werden Datenverarbeitungsperipheriegeräte (VEB Kombinat Robotron) benötigt, die bei autonomen Automatisierungseinrichtungen an die Basiseinheit gekoppelt sind und bei Kleinverbund- und Großverbundanlagen über einen bzw. mehrere Pultsteuerrechner angeschlossen und bedient werden.

Mit den Peripheriegeräten werden vier wesentliche Aufgaben realisiert:

1. Inbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme busgekoppelter Funktionseinheiten (z. B. nach Störungen mit Speicherdefekten)
2. Dokumentation des Anlagensystemzustands (Ablegen der Speicherinhalte bzw. Speicherauszug bei Änderung von Strukturierdaten; Dokumentation in Form von Hardcopyausdrucken)
3. Alarm- und Bedienprotokoll zur Dokumentation der Prozeßbedienung
4. TRENDLOG-Protokolle zur Dokumentation des zeitlichen Verlaufs wichtiger technologischer Kenngrößen.

Zur Lösung dieser Aufgaben können unterschiedliche Peripheriegeräte eingesetzt werden.

Die Auswahl der Geräte und deren Zuordnung zu den Mikrorechnerfunktionseinheiten der Wartenebene erfolgt projektabhängig.

Tafel 4.33. Externe Speichergeräte (VEB Kombinat Robotron)

	Kassettenmagnetbandgerät K 5200	Kassettenmagnetbandeinheit K 5261	Folienspeichereinheit K 5665	Minifolienspeicher K 5600	Lochbandstanzer daro 1215	Lochbandleser daro 1210	Lochbandeinheit LBE K 6200
Datenträger	Digitalkassette nach KROS-R-5109 (ISO 3407) zwei Spuren je Kassette (je Seite eine Spur)		Diskette 8″ 77 Spuren je Diskette	Diskette 5,25″ 40 Spuren je Diskette	Lochband nach TGL 24496/02 (2spurig für *audatec*-Anlagen)		
Speicherkapazität	≈ 260 · 10³ Byte je Kassette bei max. Blocklänge Bitdichte: 32 Bit/mm		256 KByte zur Informationsspeicherung nutzbar	250 · 10³ Byte (MFM) 125 · 10³ Byte (FM)	bis 390 Byte je lfd. Meter Lochband (Teilung 2,54 mm)		
Übertragungsgeschwindigkeit	6 · 10³ Bit/s (Bandgeschwindigkeit 19 cm/s) 12 · 10³ Bit/s (Bandgeschwindigkeit 38 cm/s)	9600 Bit/s oder 38400 Bit/s (Bandgeschwindigkeit 38 cm/s)	250 KBit/s (360 U/min)	250 KBit/s (MFM) 125 KBit/s (FM) (300 U/min)	Stanzgeschwindigkeit max. 50 Zeichen/s	Durchlaufbetrieb 300 Zeichen/s Start/Stop-Betrieb: max. 100 Zeichen/s	Stanzen: max. 50 Zeichen/s Lesen: 300 Zeichen/s bzw. 100 Zeichen/s
Prüf- und Kontrollfunktionen	„read after write“ möglich			Meldung fehlerhafter Schreibsteuerungen	Paritäts-, Bandende- und Bandrißkontrolle		Paritäts-, Bandende- und Bandrißkontrolle
Interface	IFKB entsprechend Robotronstandard KROS-R-5014	IFSS nach TGL 42886	IFSS nach TGL 42886	GNI nach Robotronstandard KROS 5012/01	SIF 1000	SIF 1000	IFSP nach Robotronstandard KROS 5005
Anschlußsteuerung	AKB K 5020	ATS K 7028	ATS K 7028	AMF K 5120	ADA K 6022	ADA K 6022	ALB K 6025

Tafel 4.34. Übersicht Protokoll- und Hardcopydrucker (VEB Kombinat Robotron)

Typ	SD 1156	SD 1152 251	 252	 255	SD 1157 264	 267	 269	K 6311	K 6312
Druckprinzip	Mosaikkomplettdruck	Typen- rad			Mosaikspaltendruck			Mosaikspaltendruck	
Druckfrequenz (Zeichen/s)	max. 100 30 (bei Start-Stop-Betrieb)	max. 40 durchschnittlich 30			180	180	150	100 (Halbschrittmatrix) 90 (Vollschrittmatrix)	
Druckwerksbreite (Zeichen/Zeile)	178	132 158 786	210 252 1254	132 (bei 10 cpi) 158 (bei 12 cpi) 786 (bei 60 cpi)	132	210	132	80 100	132 (bei 10 cpi) 165 (bei 12,5 cpi)
Zeichenmatrix	7 × 5	geschlossene Linie			9 × 7	9 × 7	9 × 9	9 × 7	9 × 7
Zeichenabmessungen Höhe × Breite (mm)	2,7 × 1,9	4,5 × 2,4			2,7 × 1,9		3,0 × 2,1	2,5 × 1,9	2,5 × 1,9
Zeichenteilung (Zeichen/Zoll cpi)	10	10 12 60			10			10 12,5 15	10 12,5 15
Zeichenumfang	64 96	96			intern 96 (erweiterbar auf 192)			95	95
Schriftarten	Normalschrift	Normalschrift			Normal-, Breit-, Schrägschrift			Normal-, Breit-, Schrägschrift	
Schnittstellen	robotron 1000/1 ASC II	GNI (PIO) ASC II Centronics IFSP V 24 IFSS		– – Centronics – V 24 –		GNI (PIO) ASC II Centronics IFSP V 24 IFSS		– – Centronics IFSP V 24 IFSS	– – Centronics IFSP V 24 IFSS
Rückwärtsdruck	über Befehle Lauf rückwärts Druck rückwärts	Über Befehl HPRR (Horizontalpositionierung relativ rückwärts), programmseitig sehr aufwendig, deshalb kaum praktikabel			Über Befehl BS (Backspace)			Über Befehl BS (Backspace)	

Tafel 4.34. *(Fortsetzung)*

Typ	SD 1156	SD 1152 251	 252	 255	SD 1157 264	 267	 269	K 6311	K 6312
Druckwegoptimierung	nicht vorhanden	vorhanden			vorhanden			vorhanden	
Sonstige Funktionen	keine	– Rot/Schwarz-Umschaltung des Farbbandes – variierbare Zeichenteilung (10, 12, 60 Zeichen/Zoll) – horizontale Tabulation – variierbare Zeilenabstände (6, 8, 24 Zeichen/Zoll) – getrennte Steuerung beider Bahnen – Sichtautomatik			– Schriftartumschaltung (Breit-, Schräg-, Normalschrift) – Zeichenteilung (10 Zeichen/Zoll) – horizontale und vertikale Tabulation – variierbare Zeilenabstände (6, 8 Zeilen/Zoll) – getrennte Steuerung beider Bahnen – Sichtautomatik – zwei Zeichengeneratoren mit je ein EPROM (intern/extern) Zeichenbereichumschaltung			– Schriftartumschaltung (Breit-, Schräg-, Normalschrift) – variierbare Zeichenteilung (10, 12,5, 15 Zeichen/Zoll) – keine Sichtautomatik – Druckknopf deckt ≈ 20 mm der Zeile ab	
Gehäuseausführung	Konsolgerät	Auftischgerät			Auftischgerät			Auftischgerät	
Abmessungen (mm)									
Breite	877	724	922	640	724	922	724	370	520
Höhe	900	230	230	181	396	396	396	130	135
Tiefe	500	457	457	428	600	600	600	280	285
Arbeitsgeräusch (dB)	≤ 65		≤ 65			≤ 65		≤ 60	
Leergeräusch (dB)	≤ 55		≤ 50			≤ 50		≤ 50	
Masse (kg)	80	25	35	25	36	46	36	6	8,5

Tafel 4.35. Anschlußsteuereinheiten für Datenverarbeitungs-Peripheriegeräte (VEB Kombinat Robotron)

Anschluß-steuereinheit	Schnittstelle	Anschließbare Peripheriegeräte	Entfernung	Steckverbindung dir.	Steckverbindung ind.	Bemerkungen
ADA K 6022	SIF 1000 (Eingang) SIF 1000 (Ausgang)	LBL 1210 LBS 1215, SD 1156	20 m	+	+	
ALB K 6025	IFSP (Eingang)	LBE K 6200	15 m	+	+	
	IFSP (Ausgang)	SD 1152, SD 1157, K 6310; LBE K 6200				
ATD K 7026	GNI (Ausgang)	SD 1152, SD 1157	6 m	–	+	Ansteuerung ANK über transparenten DMA-Betrieb, Funktionssicherheit im Anwendersystem nicht garantiert (keine OEM-Baugruppen)
	UB (Tastatur)	DEKK-Tastaturen K 7604/05/06/32/34/36	1,2 m			
	ANK (Ausgang)	ANK K 7521				
ASV K 8021	CCITT – V. 24 CCITT – V. 24	SD 1152, SD 1157, K 6310, Modem, Rechnerkopplung	15 m	+	+	Einspeisung von 26 V Ws. oder 12 N, 140 mA erforderlich
ATS K 7028.1	IFSS IFSS	SD 1152, SD 1157, K 6310, KMBE K 5261	500 m			8-Bit-Ausgaberegister über den Koppelbus
	UB (Tastatur)	DEKK-Tastaturen	3 m	+	+	
	8-Bit-Ausgaberegister	z. B. LED-Anzeigen				

Tafel 4.35. (Fortsetzung)

Anschluß-steuereinheit	Schnittstelle	Anschließbare Peripheriegeräte		Entfernung	Steckverbindung dir.	Steckverbindung ind.	Bemerkungen
ATS K 7028.2	IFSS	KMBE K 5261	SD 1152	500 m			8-Bit-Ausgaberegister über den Koppelbus
	CCITT – V. 24	Modem, Rechnerkopplung	SD 1157 K 6310	15 m	+	+	
	UB (Tastatur)	DEKK-Tastaturen		3 m			Versorgung mit 12 N, 50 mA erforderlich
	8-Bit-Ausgaberegister	z. B. für LED-Anzeigen					
AFS K 5125 AFS K 5122 AMF K 5120	vier serielle Schnittstellen für Folienspeicher	4× MF 3200 4× MF 6400 oder 3200 oder K 5600 4× MF 3200 oder K 5600		5 m	–	+	Floppy-Disk-Contr. K 5126 in Vorbereitung
AKB K 5020	zwei serielle Schnittstellen für Kassettenmagnetbandgerät	2× KMBG 5200 oder 2× KMBE 5221		5 m	+	+	

Es werden zwei Gerätegruppen unterschieden:
Externe Speichergeräte. In dieser Gruppe dominieren die Geräte mit magnetischem Aufzeichnungsverfahren (Kassettenmagnetbandgeräte und Folienspeichergeräte).

Zur zusätzlichen Datensicherung bzw. Langzeitarchivierung kommt darüber hinaus auch noch die Lochbandtechnik (Lochbandleser und Lochbandstanzer) zum Einsatz.

Mit diesen Speichergeräten können die obengenannten Aufgabengruppen 1, 2, 3 realisiert werden. Für die Aufgabengruppen 2 und 3 sind zusätzlich noch Protokoll- und Hardcopydrucker erforderlich. Tafel 4.33 gibt eine Übersicht über die für *audatec*-Anlagen vorgesehenen Speichergeräte.
Protokoll- und Hardcopydrucker. Diese Geräte dienen der Prozeß- und Systemdokumentation in lesbarer Form.

Als Informationsträger wird Papier, vorwiegend in Form von Endlosformularen (Leporello), verwendet.

Protokoll- bzw. Hardcopydrucker kommen für die Aufgabengruppen 2, 3 und 4 zum Einsatz. Tafel 4.34 enthält eine Übersicht über anschließbare Druckertypen aus der DDR-Produktion mit den wichtigsten technischen Daten.

Anschlußsteuereinheiten für Peripheriegeräte

Für den Anschluß der Peripheriegeräte sind in der jeweiligen Mikrorechnerfunktionseinheit entsprechende Anschlußsteuereinheiten vorzusehen, mit denen die gerätespezifischen Schnittstellen realisiert werden. Zielstellung ist die Anwendung einer einheitlichen Schnittstelle für möglichst viele Peripheriegeräte, um eine hohe Variabilität bei möglichst kleinem Baugruppensortiment und eine gute Auslastung der angebotenen E/A-Kanäle je Mikrorechnereinheit zu gewährleisten.

Dies ist z. Z. noch nicht bei allen Geräten möglich, da in Abhängigkeit vom Aufzeichnungsverfahren teilweise spezielle Schnittstellenbedingungen realisiert werden müssen, z. B. Ansteuerung eines Kassettenmagnetbandgeräts oder Ansteuerung von Minifolienspeichergeräten. Andere Geräte, z. B. Drucker, werden wahlweise mit einer Standardschnittstelle ausgerüstet, die vom Anwender festgelegt werden kann (s. Tafel 4.34).

In *audatec*-Anlagen wird auf die Verwendung der langsamen seriellen Schnittstelle IFSS gemäß KROS-R 5006 orientiert. Mit dieser Schnittstelle können Übertragungsentfernungen bis 500 m realisiert werden. Der Anschluß der Peripheriegeräte erfolgt über eine 20-mA-Stromschleife, die als 4adrige Duplexverbindung ausgeführt ist.

Eine Zusammenstellung von Anschlußsteuereinheiten mit Angaben der anschließbaren Gerätetypen enthält Tafel 4.35.

Hinweise zur Ausstattung eines *audatec*-Leitstands mit Peripheriegeräten

Zur Mindestausstattung eines *audatec*-Leitstands gehören wenigstens zwei Peripheriegeräte:

- ein Kassettenmagnetbandgerät (oder Kassettenmagnetbandeinheit, oder Minifolienspeicher) für Inbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme sowie Änderung von Strukturierdaten
- ein Protokolldrucker zum Führen eines Alarm- und Bedienprotokolls.

In Abhängigkeit von der Anlagengröße, von der geforderten Verfügbarkeit sowie vom gewünschten Dokumentationsumfang und Bedienkomfort können weitere Geräte zum Einsatz kommen:

- weitere Kassettenmagnetbandgeräte (je Pultsteuerrechner sollte ein Kassettenmagnetbandgerät vorgesehen werden)
- Lochbandleser und Lochbandstanzer zur zusätzlichen Datensicherung und Archivierung (ein Gerät je Anlage)
- weitere Protokoll- und Hardcopydrucker
  zur Ausgabe von Trendlogprotokollen (es können maximal acht Meßstellen über einen Drucker in vorgegebenen Zeitintervallen ausgegeben werden)
  zur Ausgabe von Hardcopy

an einen Pultsteuerrechner können zwei Drucker angeschlossen werden.

4.3.2.9. Gefäßtechnik

Die Gefäßtechnik umfaßt alle mechanischen Einheiten zur Aufnahme der elektronischen Baugruppen, Geräte und Funktionseinheiten. Grundlage ist das einheitliche Gefäßsystem nach TGL 25060 (EGS). Auf dem Baugruppenniveau kommen vorwiegend Karteneinschübe nach TGL 25068 zur Anwendung.

Zur Aufnahme der Karteneinschübe dienen Baugruppeneinsätze entsprechend TGL 25071.

Die Baugruppeneinsätze kommen in verschiedenen Ausführungen und Größen zum Einsatz. Sie werden für die Aufnahme von Rechnerbaugruppen mit speziellen Rückverdrahtungsleiterplatten ausgestattet, auf denen der System- und Koppelbus des Mikrorechnersystems realisiert ist.

Neben den EGS-Baugruppeneinsätzen gibt es spezielle Baugruppen- bzw. Geräteausführungen, die hinsichtlich der Gefäßkonstruktion den jeweils speziellen Einsatzbedingungen angepaßt sind, z. B. Lüfterkassette, Monitoreinschub, Einschub für Kassettenmagnetbandgerät.

Die Großgefäße der Prozeßleit- und Kommunikationsebene (Gefäße 3. Ordnung) sind auf die besonderen Belange der seriellen Prozeßführung mit Bedientastatur und Farbmonitor zugeschnitten.

Ein Sortiment von Sitzpulten und Beistellgefäßen ist speziell für den Einsatz in *audatec*-Anlagen konzipiert (TGL 32991/11). Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf dieses Gefäßsortiment (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow).

Anforderungen an die Gefäßtechnik des Wartenraums

Mit der Einführung neuer Kommunikationsprinzipien und neuer Gerätetechnik werden gleichzeitig qualitativ höhere Anforderungen an die Gefäßtechnik gestellt. Diese Anforderungen lassen sich prinzipiell zwei Kategorien zuordnen:

technisch-konstruktive Anforderungen
anthropometrische und ergonomische Anforderungen.

Beide Kategorien sind durch zahlreiche Wechselwirkungen miteinander verknüpft und z. T. hinsichtlich einer anzustrebenden Lösung gegenläufig.

Eine grundsätzliche Forderung und Zielstellung, die zugleich beiden Kategorien zugeordnet werden muß, ist bestimmend für die Ausführung und Gestaltung des Gefäßsortiments:

Prozeß- und Systemkommunikation sollen generell von einem Sitzarbeitsplatz aus erfolgen.

Gegenüber konventionellen Anlagen, in denen die „Tafelfahrweise“ oder die „Pultfahrweise“ (vorwiegend an Stehpulten) dominiert, resultieren aus dieser Forderung qualitativ neue Lösungen.

Technisch-konstruktive Anforderungen. Im Mittelpunkt stehen Anforderungen, die sich aus der neuen Gerätetechnik ergeben:

Mikrorechnerfunktionseinheiten in kompakter Ausführung
Monitore
Bedientastaturen
Datenverarbeitungsperipheriegeräte.

Unter anderem sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Es ist der Einbau von kompakten Mikrorechnerfunktionseinheiten vorzusehen (Pultsteuerrechner, Datenbahnsteuerstation, Koppeleinheit Wartenrechner, Wartenrechner *audatec*).
- Die mechanischen und elektrischen Anschlußbedingungen für die Mikrorechnerfunktionseinheiten sind zu realisieren.
- Die Gefäße sind so zu gestalten, daß der Einbau von Monitoreinschüben möglich ist.
- Im zentralen Bereich des Sitzarbeitsplatzes sind Bedientastaturen für die Prozeß- und Systemkommunikation anzuordnen; gleichzeitig ist eine Arbeits- und Schreibfläche vorzusehen.

- Es sind Gefäßvarianten erforderlich, die auch den Einbau konventioneller Bedien- und Leitgerätetechnik ermöglichen.
- Es sind Gefäße vorzusehen, in denen Datenverarbeitungsperipheriegeräte eingebaut oder abgestellt werden können (z. B. Kassettenmagnetbandgeräte, Lochbandleser, Lochbandstanzer, Floppydisk).
- Die Gefäße sind konstruktiv so zu gestalten, daß sich möglichst vielfältige Aufstellungs- und Einsatzvarianten ergeben; Zielstellung ist ein modularer Aufbau, so daß sich auftragsabhängig die jeweils günstigste Wartenlösung projektieren läßt; eine Reihbarkeit beliebiger Gefäßvarianten ist vorzusehen.
- Es ist eine Zwangsbelüftung zur Wärmeabführung vorzusehen.

Anthropometrische und ergonomische Anforderungen. In dieser Kategorie dominieren die speziellen Probleme, die sich aus dem Einsatz von Monitoren und Tastaturen als zentrale Kommunikationsmittel ergeben (s. Abschn. 4.3.2.10.). Nachfolgend werden die sich daraus ableitenden Anforderungen an die Gefäßtechnik genannt:

- Bei einer Bildschirmdiagonale bis maximal 51 cm ist der Einbau des Monitors in einem Pultaufsatz vorzusehen.
- Monitore mit größerer Bildröhre ($\geqq$ 56 cm Diagonale) erfordern Betrachtungsabstände von etwa 1,8 bis 2,0 m. Solche Geräte müssen in einem separaten Gefäß eingebaut werden, das vom eigentlichen Sitzarbeitsplatz in dem erforderlichen Abstand aufzustellen ist.
- Die Einbauhöhe eines Monitors ist so zu wählen, daß sich für den Bediener eine Blickrichtung ergibt, die etwa 15° gegenüber der Horizontalen geneigt ist.
- Um Reflexblendungen möglichst gering zu halten, wird empfohlen, eine senkrechte Einbaulage des Bildschirms vorzusehen.
- Die Lage der Bedientastatur sollte variabel sein, so daß sie den individuellen Bedürfnissen des Bedieners jederzeit angepaßt werden kann. Der Arbeitsplatz des Bedieners muß eine ausreichende Fläche zum Stellen der Tastatur sowie die Möglichkeit einer geeigneten Kabelführung bieten.
- Für die Tastatur wird eine möglichst flache Ausführung verlangt (Zielstellung ist eine Höhe unter 30 mm).
- Bei einer Aneinanderreihung von Sitzpulten ist eine durchgehende Arbeitsfläche und ein durchgehender freier Beinraum zu gewährleisten.

Eine Reihe weiterer Anforderungen an die Gefäßtechnik ergeben sich unter dem Gesichtspunkt der anthropometrischen Gestaltung des Sitzarbeitsplatzes entsprechend TGL 32604/01:

- Eine Arbeitshöhe > 725 mm ist zulässig, sofern ein höhenverstellbarer Stuhl und eine Beinauflage vorgesehen sind.
- Es ist ein ausreichend freier Beinraum zu gewährleisten (Beinraumtiefe $\geqq$ 650 mm, Beinraumhöhe $\geqq$ 650 mm).
- Für den Geräteeinbau sind die maximalen Arbeitsbereiche (visuell und taktil) zu berücksichtigen.

Zusätzlich soll die Arbeitsfläche im Bereich der Hand- und Armauflage aus einem körperfreundlichen, wärmeisolierenden Material beschaffen sein.

Mit dem Gefäßsortiment, bestehend aus Sitzpulten und Beistellgefäßen vom VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, werden die obengenannten Forderungen im wesentlichen erfüllt.
Sitzpulte. Sie sind für den Einbau von Mikrorechnern, Monitor, Tastatur oder konventionellen Bedien-, Anzeige- und Leitgeräten vorgesehen. Die Sitzpulte sind reihbar. Durch Zwischenfügen von Pultsegmenten (45°) können angewinkelte oder bogenförmige Aufstellungsvarianten mit durchgehender Pultfläche realisiert werden. Im Bereich der Arbeitsfläche ist die Pultklappe mit einer Kunstlederfolie bespannt. Pultklappe und Pultuntersatz sind verschließbar.
Beistellgefäße. Die Einbaubedingungen sind analog zum Pultuntersatz. Beistellgefäße werden vorrangig für den Einbau bzw. zum Abstellen von Datenverarbeitungsperipheriegeräten genutzt. Darüber hinaus ist die Ablage von Datenträgern, technischen Unterlagen und sonsti-

gem Zubehör möglich. Analog zum Untersatz des Sitzpults können auch Mikrorechnerfunktionseinheiten aufgenommen werden.

Aufbau und Abmessungen der Sitzpulte und Beistellgefäße sind im Bild 4.76 dargestellt.

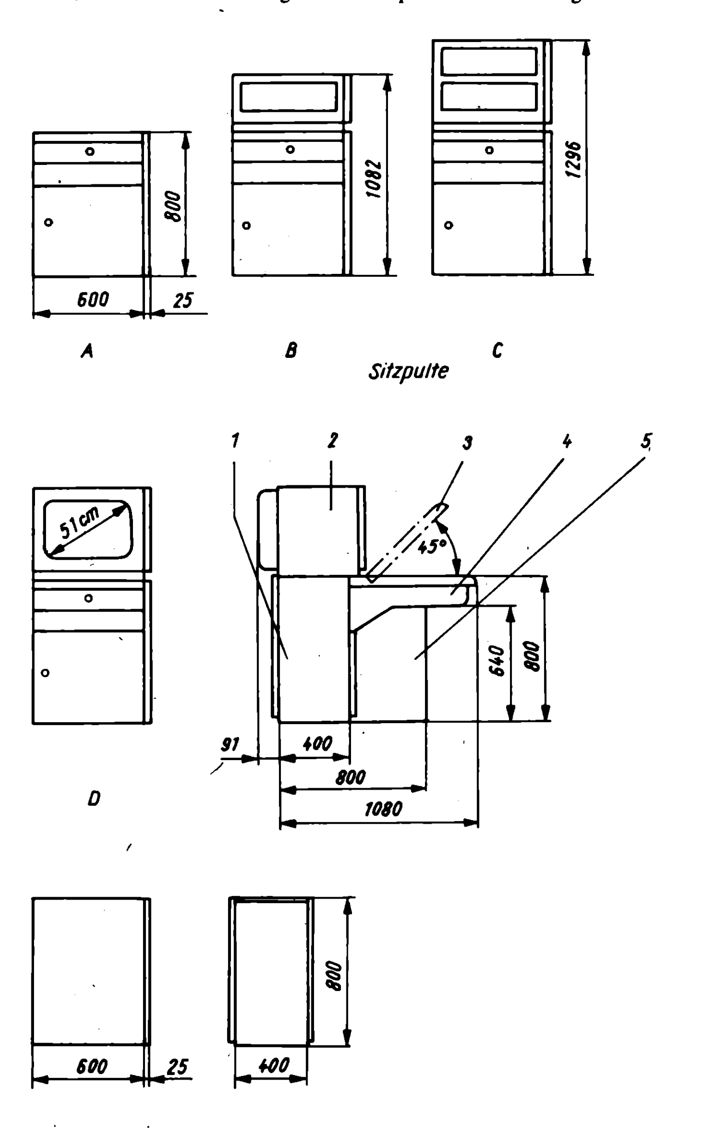


Bild 4.76. Sitzpulte, Beistellgefäße audatec (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

1 Pultuntersatz; *2* Pultaufsatz; *3* Pultklappe; *4* Pultkasten; *5* Stützwand (Darstellungen mit rechter Stützwand bzw. Seitenwand)

A Sitzpult ohne Aufsatz; B Sitzpult mit kleinem Aufsatz für Fronttafelgeräte; C Sitzpult mit großem Aufsatz für Fronttafelgeräte; D Sitzpult mit Aufsatz für Farbmonitor

Die Gefäße werden durch Zusammenfügen einzelner Gefäßbaugruppen erzeugt. Die Montage erfolgt über Schraubverbindungen. Die Gefäßbaugruppen werden in unterschiedlichen Varianten angeboten, so daß der Anwender durch zweckmäßige Kombination die für den konkreten Einsatzfall zugeschnittene Gefäßausführung bestimmen kann.

Tafel 4.36. Gefäßbaugruppen des Sitzpults (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Gefäßbaugruppe	Verwendung/Einbaumöglichkeit
Pultuntersatz	– Aufnahme einer Mikrorechnerfunktionseinheit (Pultsteuerrechner, Datenbahnsteuerstation) oder – Aufnahme einer Anschlußebene zur Verdrahtung konventioneller Geräte in der Pultklappe und/oder im Pultaufsatz oder – Aufnahme von Böden oder Schubfächern zur Ablage von Zubehör, Dokumentationsmaterial usw.
Pultkasten	– Nutzung als Ablagefach oder – Einbau- und Verdrahtungsraum bei Gerätebestückung in der Pultklappe
Pultklappe	– Stellfläche für Tastatur und Kommunikationsgeräte – Nutzung als Arbeits- und Schreibfläche oder – Bestückung mit Anzeige-, Leit- und Befehlsgeräten
Pultaufsatz	– Aufnahme eines Monitoreinschubs oder – Bestückung mit Anzeige-, Leit- und Befehlsgeräten
Pultsegment	– Verbindung von Pulten bei Winkelaufstellung 45°

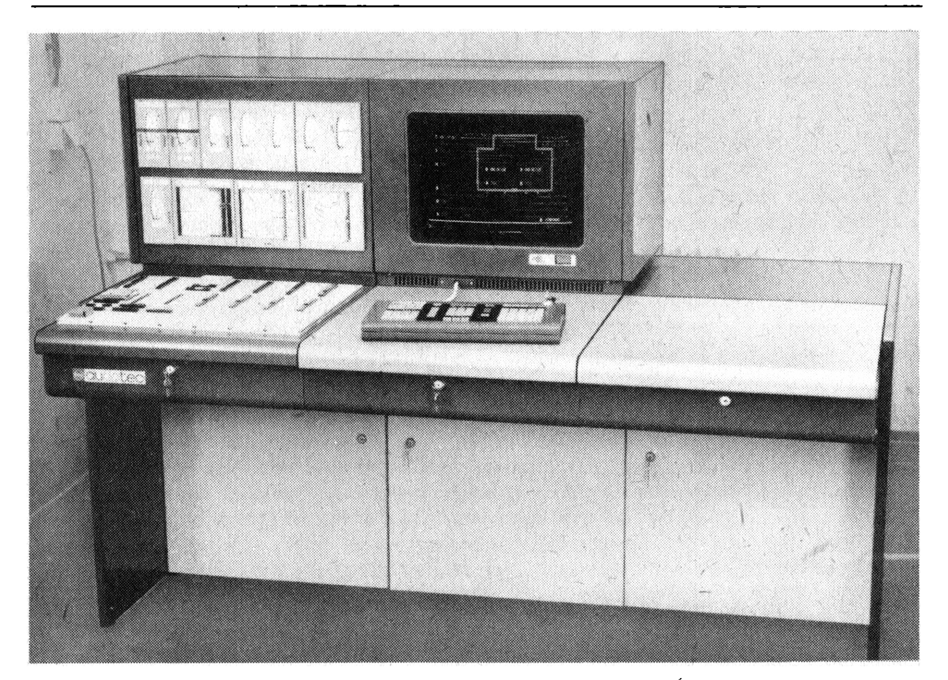


Bild 4.77. Sitzpulte in Reihenaufstellung (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

Tafel 4.36 gibt einen Überblick über die wichtigsten Gefäßbaugruppen des Sitzpults und deren Verwendung.

Bild 4.77 zeigt als Beispiel eine Sitzpultreihe, bestehend aus drei bestückten Pulteinheiten. Pultsteuerrechner und Farbmonitor sind im mittleren Sitzpult angeordnet.

Das Gefäßsortiment der Prozeßleit- und Kommunikationsebene wird ergänzt durch Wartenzellen gemäß TGL 25079 (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow). Sie dienen vorzugsweise dem Einbau konventioneller Anzeige-, Leit- und Registriergeräte.

Wartenzellen kommen dann zum Einsatz, wenn die gewünschte konventionelle Parallelinstrumentierung für Teilprozesse oder für das Schutz- und Sicherheitssystem die Einbaukapazität der Sitzpulte übersteigt.

Für besondere Einsatzfälle ist auch der Einbau eines Pultsteuerrechners und Monitoreinschubes möglich. Erfolgt die Prozeßbedienung vom Sitzpult aus, so ist ein Monitoreinschub mit einer Bildschirmgröße von mindestens 56 cm Diagonale erforderlich.

4.3.2.10. Arbeitsplatz- und Wartengestaltung

Die Geräte und Funktionseinheiten der Prozeßleit- und Kommunikationsebene werden projektabhängig mit der zur Verfügung stehenden Gefäßtechnik zu Einrichtungen komplettiert (Bild 4.78).

Die Ausrüstung des zentralen Sitzarbeitsplatzes (auch als Fahrstand oder Leitstand bezeichnet) erfolgt i. allg. mit ein bis drei Pultsteuerrechnern mit jeweils zugehörigem Farbmonitor und Bedientastatur. Die Anordnung erfolgt vorzugsweise in unmittelbarer Reihung.

An diesem zentralen Teil des Sitzarbeitsplatzes erfolgt die Prozeßüberwachung und Prozeßführung einschließlich Alarmerfassung und Alarmbehandlung sowie Registrierung und Protokollierung.

Der Fahrstand kann komplettiert werden durch weitere in Reihe oder winklig aufgestellte Sitzpulte, die mit konventionellen Anzeige-, Registrier-, Bedien- und Leitgeräten bestückbar sind.

In Ergänzung zu den Sitzpulten kommen Beistellgefäße zum Einsatz, die vorzugsweise zur Aufnahme der Datenverarbeitungsperipheriegeräte vorgesehen sind.

Aufgrund der Vielfalt der technologischen Prozesse gibt es keine Standardlösung für die Wartengestaltung. Bei der Konzipierung der Warte sind vielfältige anlagenspezifische Forderungen, aber auch arbeitspsychologische Aspekte zu beachten.

Die Gestaltung der Warte kann durch folgende Randbedingungen wesentlich geprägt werden:

- Automatisierungsgrad und Größe des Prozesses
- Aufbau und Zusammenwirken verschiedener technologischer Anlagenteile und daraus resultierende Teilung in Einzelfahrstände
- Vielfachausführung gleichartig strukturierter Pultsteuerrechner aus Gründen der Redundanz und der komfortablen Bedienbarkeit
- Dynamik des Prozesses und Forderungen aus den Anfahr- und Abfahrbedingungen
- gewünschte konventionelle Parallelinstrumentierung für Teilprozesse oder für das Schutz- und Sicherheitssystem
- Begrenzung in der Bedienbarkeit (etwa 1000 MSR-Stellen je Pultsteuerrechner, maximal 2000 MSR-Stellen je Bussystem).

So ist der Aufbau eines zusammenhängenden Fahrstands mit verschiedenartig strukturierten Pultsteuerrechnern für Bedienung/Anzeige/freie Bilder ebenso denkbar wie Teilfahrstände aus jeweils ein bis drei redundanten Pultsteuerrechnern am gleichen Bus bzw. an verschiedenen Bussystemen.

Allgemeine Forderungen zur arbeitshygienischen, arbeitsgestalterischen und bautechnischen Ausführung von Wartenräumen sind in TGL 31872/01 sowie TGL 32991/05 festgelegt. Weitere Richtlinien, speziell zur Ausführung von Warten der chemischen Industrie, sind in [4.19, 4.20] enthalten.

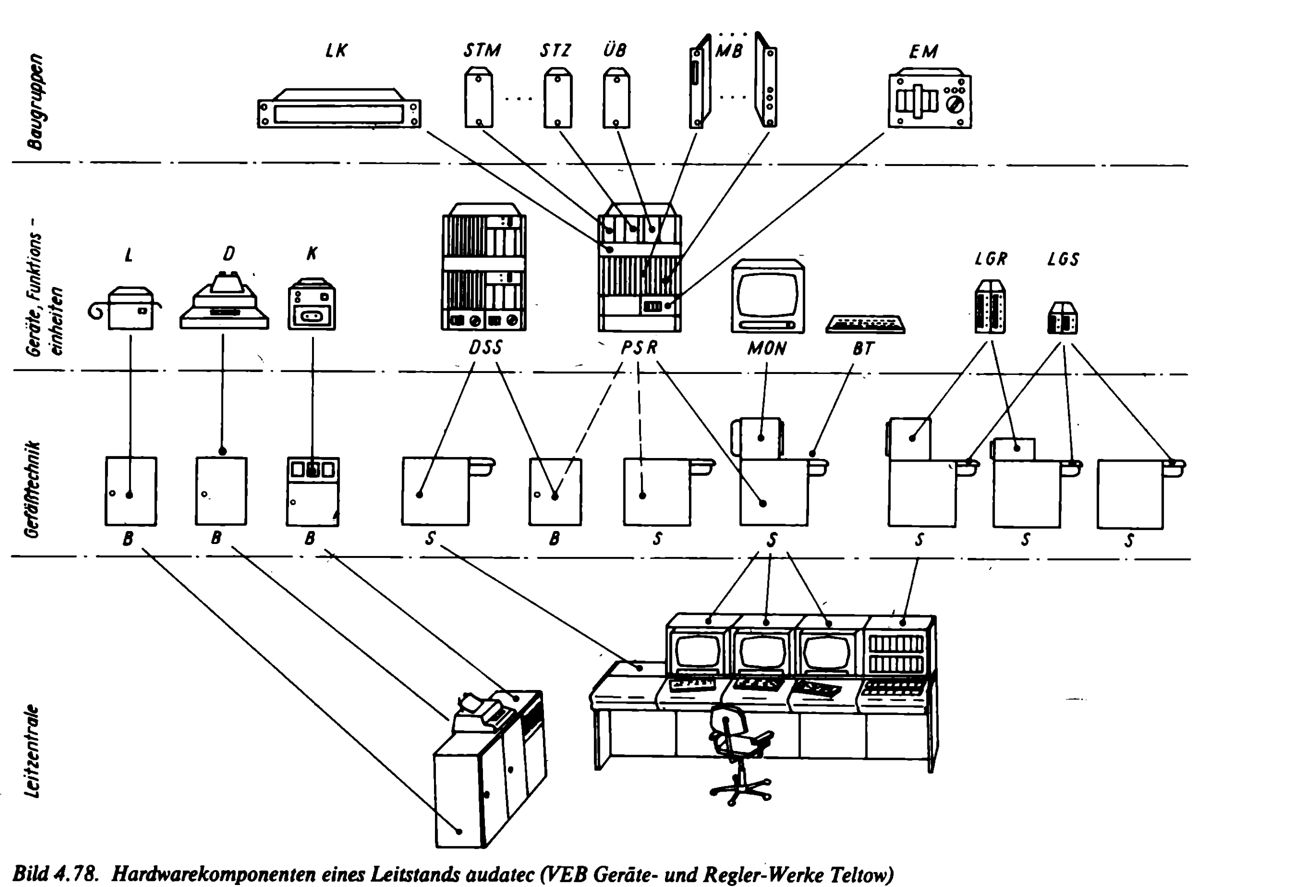


Bild 4.78. Hardwarekomponenten eines Leitstands audatec (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)

LK Lüfterkassette; STM Stromversorgungsmodul; STZ Stromversorgungszusatzbaustein; ÜB Überwachungsbaustein; MB Mikrorechnerbaugruppen; EM Einspeisemodul; L Lochbandleser, -stanzer; D Hardcopy- und Protokolldrucker; K Kassettenmagnetbandgerät; DSS Datenbahnsteuerstation; PSR Pultsteuerrechner; MON Monitor; BT Bedientastatur; LGR Leitgeräte Regelung; LGS Leitgeräte Steuerung; B Beistellgefäß; S Sitzpult

Die genannten Standards und Richtlinien beinhalten nicht die speziellen Probleme beim Einsatz von Mikrorechnern und Bildschirmkommunikation.

Hinweise zum Einsatz von Bildschirmanzeigen

Zahlreiche Veröffentlichungen zum Thema Bildschirmarbeitsplätze behandeln die speziellen Probleme beim Einsatz dieser Technik [4.21 bis 4.31]. Dabei stehen jedoch häufig Daten- und Textverarbeitungssysteme im Mittelpunkt (Büroarbeitsplätze).

Zu den speziellen Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze in Automatisierungsanlagen sind nur wenige Veröffentlichungen bekannt [4.32 bis 4.35]. Auch auf nationale Standards kann z. Z. noch nicht zurückgegriffen werden.

In Auswertung der Literatur sowie erzeugnisbezogener arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen [4.36 bis 4.38] werden nachfolgend Hinweise zum Einsatz von Bildschirmanzeigen in Prozeßwarten gegeben.

Um negative Beanspruchungsfolgen durch die Arbeitstätigkeit am Leitstand mit Bildschirmanzeigen so gering wie möglich zu halten, ist die Wahl des richtigen Beobachtungsabstands von entscheidender Bedeutung. Dabei ist die Erkennbarkeit der dargestellten Zeichen das eigentliche Bewertungskriterium.

Die Erkennbarkeit wird im wesentlichen von den Beobachtungsbedingungen bestimmt, gekennzeichnet durch den Sehwinkel als Funktion vom Beobachtungsabstand und der Zeichengröße. Darüber hinaus sind weitere Einflußfaktoren zu berücksichtigen, auf die hier nicht näher eingegangen wird:

Beobachtungswinkel als Abweichung von der senkrechten Blickrichtung zur Anzeigenebene
Zeichendarstellung, Zeichenraster
Leuchtdichte
Kontrast
Anzahl der dargestellten Farben
Darstellungsqualität
Bildaufbau, Informationsdarbietung
Beleuchtung am Arbeitsplatz.

Zahlreiche Veröffentlichungen enthalten Angaben und Empfehlungen zu günstigen Beobachtungsbedingungen. Dabei ist eine nicht zu übersehende Streubreite in den Angaben bezüglich minimalem, maximalem und optimalem Sehwinkel festzustellen.

Typische Werte liegen im Bereich zwischen 18′ und 22′. So wird z. B. in DIN 66234, Teil 1 für die Schrifthöhe ein Sehwinkel von mindestens 18′ gefordert. Ein Sehwinkel von 22′ wird in [4.21] als oberer zulässiger Grenzwert ausgewiesen.

Praktische Untersuchungen in [4.36, 4.38] zeigen, daß diese Werte mehr den Bereich für die optimale Größe des Sehwinkels definieren, als daß sie echte Grenzwerte für den Einsatz von Bildschirmanzeigen sind.

Hier haben offensichtlich die Darstellungsqualität sowie die anderen Einflußfaktoren (s. oben) einen entscheidenden Anteil.

Für ein feststehendes Bildformat von 32 Zeilen mit je 64 Zeichen und einem Zeichenraster von 5 × 7 Bildpunkten ergeben sich die in Tafel 4.37 angegebenen Betrachtungsabstände.

Für den Einbau bzw. die Anordnung von Bildschirmgeräten lassen sich daraus folgende Forderungen ableiten:

- Bei einer Anordnung des Bildschirmgeräts direkt am Sitzarbeitsplatz (z. B. in einem Pultaufsatz) ergeben sich Betrachtungsabstände von etwa 500 bis 1000 mm, je nach Sitzhaltung. Die Größe des Bildschirms sollte maximal 51 cm Diagonale betragen.
- Sollen Bildschirmgeräte hinter dem Sitzarbeitsplatz in einem separaten Gefäß angeordnet werden, so ergeben sich Betrachtungsabstände von mindestens 1800 mm, wenn man die erforderliche Gangbreite zwischen den Gefäßen berücksichtigt. Die Bildschirmgröße sollte in diesem Fall mindestens 56 cm Diagonale betragen.

Tafel 4.37. Betrachtungsabstände zum Monitor

Bildschirm-diagonale	Zeichengröße	Empfohlene Betrachtungsabstände in mm nach DIN 66234 Teil I sowie [4.21]		Experimentell ermittelte Betrachtungsabstände in mm [4.36, 4.38]	
		min	max	min	max
cm	mm	(Sehwinkel 22′)	(Sehwinkel 18′)		
51	6	950	1160	1100	1800
56	7	1090	1335	1030	2000
67	8,5	1310	1600	–	–

(Feststehendes Bildformat: 32 Zeilen mit je 64 Zeichen, Zeichenraster 5 × 7 Bildpunkte)

Je nach verfügbarem Bildschirmgerät ergibt sich damit eindeutig der Einbauort und so auch die Zuordnung zum Gefäßsystem.

Für die Anordnung der Bildschirmgeräte gelten außerdem folgende Empfehlungen:

- Der maximal zulässige seitliche Beobachtungswinkel liegt bei etwa 40°.
- Eine Anordnung von mehr als drei nebeneinander liegenden Bildschirmgeräten an einem

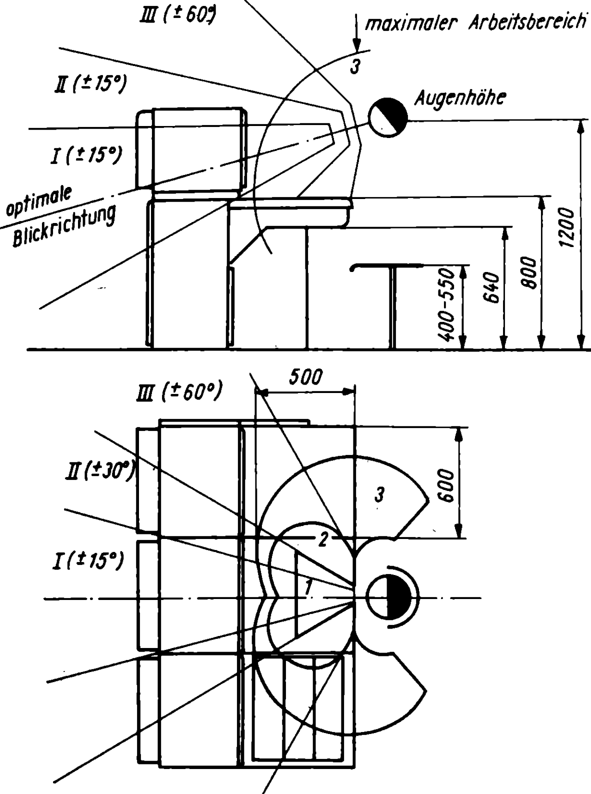


Bild 4.79. Arbeitsbereiche am Sitzpult nach TGL 32604/01

1 Bereich für sehr häufige, sehr genaue Bedienung; *2* Bereich für häufige, genaue Bedienung; *3* Bereich für seltene Bedienung geringer Genauigkeit

I Bereich für sehr häufige, sehr genaue Beobachtung; II Bereich für häufige, genaue Beobachtung;
III Bereich für seltene, weniger genaue Beobachtung

Arbeitsplatz ist zu vermeiden. Dies ist besonders bei der Anordnung der Bildschirmgeräte im Pultaufsatz zu beachten. Grund ist unter anderem das als sehr störend empfundene periphere Flimmern, das verstärkt bei Reihung mehrerer Bildschirmgeräte und geringem Beobachtungsabstand in Erscheinung tritt.

- Die Bildschirmgeräte sind so anzuordnen, daß sich eine um etwa 15° nach unten geneigte Blickrichtung ergibt.
- Zur Reduzierung von Blendwirkungen ist die Einbaulage so zu wählen, daß möglichst eine senkrechte Lage des Bildschirms erreicht wird.

Die Zeichenerkennbarkeit wird auch wesentlich durch die Arbeitsplatz- und Raumbeleuchtung beeinflußt. (Hinweise und Empfehlungen zur Beleuchtung s. Tafel 4.38.)

Tafel 4.39 enthält eine Zusammenstellung der zu diesem Thema veröffentlichten Vorschriften.

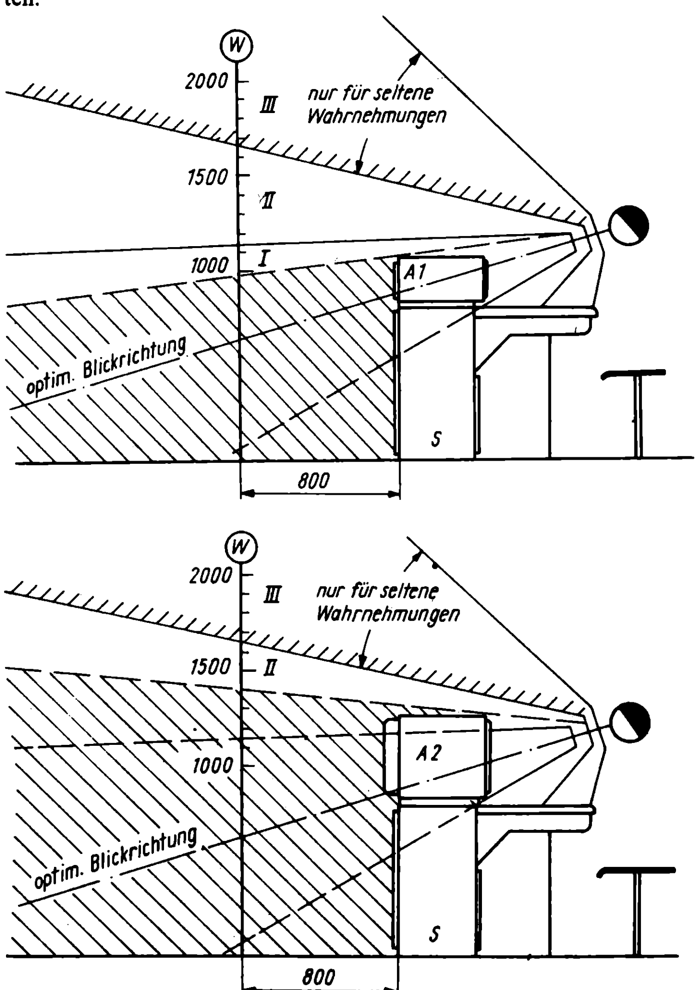


Bild 4.80. Sichtbedingungen am Sitzpult

W Wartenfeld; A1 Pultaufsatz 280 mm hoch; A2 Pultaufsatz 500 mm hoch; S Sitzpult

Hinweise zur Anordnung und Bestückung der Gefäßeinheiten

Ein Sitzarbeitsplatz besteht aus mindestens zwei aneinandergereihten Sitzpulten, so daß sich eine Arbeitsplatzbreite von mindestens 1200 mm ergibt. Eine Reihung von mehr als drei Sitzpulten mit Monitoraufsatz ist zu vermeiden.

Bei der Bestückung der Sitzpulte mit konventionellen Geräten in der Pultklappe und im Aufsatz sind die maximal zulässigen Arbeitsbereiche entsprechend Bild 4.79 zu beachten (TGL 32604/01). Bedienelemente im Pultaufsatz, z. B. bei Leitgeräten, liegen knapp außerhalb des maximalen Arbeitsbereichs, und es muß daher auf seltene Bedienung in einer Schicht orientiert werden.

Bei Verwendung von Sitzpulten mit Aufsatz müssen die Sichtbedingungen auf dahinterliegende Wartenbereiche beachtet werden (Bild 4.80).

Bei der Aufstellung der Sitzpulte ist eine Servicefläche hinter den Pulten freizuhalten. Der Abstand zur Wand bzw. zu anderen Ausrüstungen (in Blickrichtung) muß mindestens 800 mm betragen.

Beistellgefäße gestatten in der Regel eine Wandaufstellung.
Bei Einsatz von Datenverarbeitungsperipheriegeräten sind die maximal zulässigen Längen der Interfaceleitungen zu berücksichtigen (Abstand zwischen Pultsteuerrechner und Beistellgefäß).

Beleuchtung und Farbe im Wartenraum

Zur Gewährleistung optimaler Seh- und Arbeitsbedingungen in Warten sind zwei Kriterien von entscheidender Bedeutung:

Verhinderung bzw. Begrenzung von Störungen infolge Direkt- und Reflexblendung
Einhaltung bestimmter Leuchtdichteverhältnisse der Elemente im Wartenraum.

Jedes Raumelement, das die Seh- und Arbeitsbedingungen beeinflussen kann, ist unter Beachtung dieser Kriterien zu gestalten. Dazu gehören insbesondere die Geräte und Einrichtungen, die direkt im Blickfeld des Anlagenfahrers liegen. Beleuchtungstechnische Kennwerte sind in TGL 200-0617/07 und TGL 200-0745 festgelegt. Diese Standards sind aber für Wartenräume mit Bildschirmanzeigen nur bedingt anwendbar.

Durch den Einsatz von Monitoren als zentrales Kommunikationsmittel ergeben sich qualitativ neue Anforderungen an die Beleuchtungsanlage. Hier sind zunächst entsprechende Erfahrungen zu sammeln, die dann bei einer Überarbeitung der Standards zu berücksichtigen sind.

In Auswertung der Literatur werden nachfolgend einige Empfehlungen gegeben [4.21, 4.23, 4.39 bis 4.47].

Beleuchtungstechnische Kennwerte. Tafel 4.38 gibt einen Überblick über beleuchtungstechnische Kennwerte [4.39]. Die Angaben haben empfehlenden Charakter. Die Werte sind hinsichtlich einer optimalen Beleuchtungsgüte aufeinander abgestimmt. Einseitige Veränderungen führen zur Verschlechterung der Seh- und Arbeitsbedingungen.

Beleuchtungsanlage. Um Direkt- und Reflexblendungen weitestgehend zu vermeiden und um ein befriedigendes Beleuchtungsklima zu erreichen, sind bei der Ausführung der Beleuchtungsanlage nach [4.39] nachfolgende Hinweise zu beachten:

- Hohe Leuchtdichten im Gesichtsfeld sowie auch im Rücken des Anlagenfahrers sind zu vermeiden, sofern sie direkt einsehbar sind oder spiegeln können. Beispielsweise sind frei strahlende Lampen sowie Leuchten mit leuchtenden Seiten- und Abdeckungsflächen zu vermeiden. Dies gilt besonders für den spiegelungsgefährdeten Deckenbereich. Fenster sind mit lichtdämpfenden Vorhängen auszustatten.
- Bei der Beleuchtung von Bedienpult, Wartenfeld und Pausenbereich ist das Prinzip der Direktbeleuchtung anzuwenden.
- Zur Vermeidung von Reflexblendungen sowie zur Verbesserung von Schattigkeit und Lichtmilieu sollte auf eine Allgemeinbeleuchtung des Wartenraums mittels Deckenleuchten, Leuchtdecke oder Deckenanleuchtung verzichtet werden.

Tafel 4.38. Beleuchtungstechnische Kennwerte nach [4.39]

Einflußgröße	Richtwert	Bemerkung
Beleuchtungsniveau Wartenfeld	E_V = 300 lx	≙ rund 30 cd/m²
Beleuchtungsniveau Bedienpult	E_H = 300 lx	davon ²/₃ direkt und ¹/₃ indirekt
Verhältnis der mittleren Leuchtdichte von Lichtquelle und angrenzendem Umfeld	max. 20: 1	
Verhältnis der mittleren Leuchtdichte von Beobachtungsfeldern (Bildschirm, Anzeigen, Arbeitsvorlage u. a.) zum angrenzenden Umfeld	max. 10: 1 bzw. 1:10	
Verhältnis der mittleren Leuchtdichte von Arbeitsvorlage (Beleg) zu Bildschirm (und Anzeigen)	opt. 3: 1 max. 5: 1	dabei gilt: Bildschirm senkrecht, Vorlage waagerecht
Leuchtdichte des Bildschirmgrunds	rund 10 cd/m²	bis 20 cd/m² regelbar
Leuchtdichte des Bildschirmhintergrunds	min. 20 cd/m² opt. 30 cd/m² max. 40 cd/m²	30 cd/m² ≙ 300 lx E_V des Wartenfelds
Streuleuchtdichte auf Bildschirmen infolge Raumbeleuchtung	max. 5 cd/m²	Bildschirm gegen Direktlicht abblenden
Zeichenleuchtdichte	min. 20 cd/m² opt. 90 cd/m² max. 160 cd/m²	zwischen 80 und 160 cd/m² regelbar
Zeichenkontrast	min. 2,5: 1 opt. 10 : 1 max. 15 : 1	

Bedienpultbeleuchtung. Für die Bedienpultbeleuchtung wird die Installation einer Arbeitsplatzleuchte vorgeschlagen. In [4.39] werden dafür folgende Empfehlungen gegeben:

Leuchtenachse parallel zur Blickrichtung
Leuchtenanordnung links neben Arbeitsplatz
Leuchtenmitte am Augpunkt
Leuchtenhöhe etwa 2000 mm
Leuchte mit 2 × 20 W LL weiß 20 mit asymmetrischer Lichtverteilungskurve, Abdekkung flächig oder getönt gerastert
separate Schaltbarkeit der Leuchte.

Wartenfeldbeleuchtung. Zur Beleuchtung der Wartenfelder wird die Anwendung eines ununterbrochenen Lichtbands empfohlen. Für die Ausführung gelten nachfolgende Hinweise:

- Die Anordnung des Lichtbands erfolgt vor den Wartenfeldern in einer Höhe über 2000 mm. Der Installationsort der Leuchten ist so zu wählen, daß störende Lichtreflexe im Bereich der Wartenfeldinstrumentierung vermieden werden. In bezug auf den am Sitzpult tätigen Anlagenfahrer ist für die Wartenfeldbeleuchtung ein Blendwinkel von 45° einzuhalten (s. auch Bild 4.81).

- Um eine gleichmäßige Ausleuchtung des Wartenfelds in der Vertikalen zu erreichen, sind Leuchten mit entsprechender asymmetrischer Lichtverteilungskurve oder Reflektorleuchtstofflampen einzusetzen.
- Um eine Verbesserung der Leuchtdichteverhältnisse zu erreichen, sollte ein Lichtband mit oberem Lichtanteil konzipiert werden, das von der Decke abgehängt installiert wird. Damit ergibt sich auch eine Erhöhung des für die Allgemeinbeleuchtung nutzbaren Anteils der Wartenfeldbeleuchtung.
- Bei Deckenmontage der Wartenfeldbeleuchtung (schräges oder waagerechtes offenes Lichtband) ist der obere Lichtanteil mittels anderer Leuchten im Wartenraum zu realisieren (z. B. Bedienpultbeleuchtung mit oberem Lichtanteil).

Es wird der Einsatz von Leuchtstofflampen neutralweiß 20 (4300 K) bzw. warmweiß 30 (2900 K) empfohlen. In einem Raum sollen aber auf jeden Fall nur Leuchtstofflampen gleicher Lichtfarbe verwendet werden.

Das bei Leuchtstofflampen auftretende Flimmern hat verschiedene Ursachen und kann durch folgende Maßnahmen reduziert bzw. beseitigt werden:

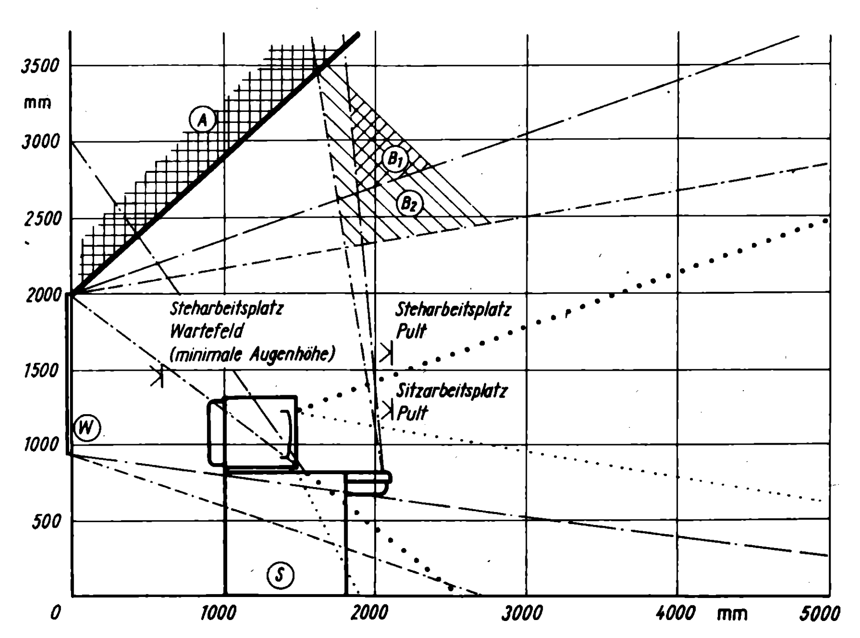


Bild 4.81. Blend- und Reflexbedingungen an einem Leitstand mit Sitzpult und Wartenfeld nach [4.39]

S Sitzpult; W Wartenfeld

Bereiche reflexfreier Beleuchtungsanordnung: A Wartenfeldbeleuchtung (zur Vermeidung von Reflexen auf dem Pult Abdeckung erforderlich); B1 Pultbeleuchtung (ohne Reflexe auf Pult und Wartenfeld);
B2 Pultbeleuchtung (mit begrenzten Reflexbereichen auf Pult und Wartenfeld)

Grenzen der Reflexbereiche:

• • • • • •	Bildschirm Sitzarbeitsplatz
....	Bildschirm Steharbeitsplatz
-.-.-.-.-	Pultklappe Sitzarbeitsplatz
– – – –.– – – – –	Pultklappe Steharbeitsplatz
--.--.--.--	Wartenfeld Sitzarbeitsplatz
- – – – . -	Wartenfeld Steharbeitsplatz

- Die entsprechend der Netzfrequenz auftretende Lichtwelligkeit kann durch geeignete schaltungstechnische Maßnahmen (Duo- oder Trioschaltung) vermieden werden.
- Das an den Lampenenden häufig auftretende Elektrodenflimmern läßt sich durch Abdekkung der Elektrodenenden mit lichtundurchlässigem Material weitestgehend unterdrükken. Auch die Qualität des Starters kann das Elektrodenflimmern wesentlich beeinflussen.
- Flimmererscheinungen treten verstärkt nach längerer Betriebsdauer auf. Es ist daher auf ein rechtzeitiges Auswechseln aller Leuchtstofflampen im Wartenraum zu achten.

Dem Wartenpersonal ist eine individuelle Einstellung des am günstigsten empfundenen Lichtmilieus zu ermöglichen. Zu diesem Zweck sollten die Bedienpultbeleuchtung, die Wartenfeldbeleuchtung sowie die Beleuchtug von Pausenbereichen mit voneinander unabhängigen Helligkeitsstellern ausgestattet werden.

Blend- und Reflexbedingungen für einen Leitstand mit Wartenfeld, Sitzpult und Bildschirmanzeige im Pultaufsatz sind im Bild 4.81 schematisch dargestellt. Es lassen sich die daraus resultierenden Möglichkeiten der Beleuchtungsanordnung erkennen.

Farbgebung. Für die Einrichtungen der Wartenebene sind die beiden Grundfarben

Olivbraun 0235
Porzellanweiß 0009

nach TGL 21196 vorgesehen. Die Farbgestaltung des Raumes muß darauf abgestimmt werden. Dabei ist auch das Beleuchtungsprojekt einzubeziehen. Um einen guten Wirkungsgrad der Beleuchtungsanlage zu erreichen, sollten die Reflexionsgrade der Farbträger wie folgt verteilt werden:

Wände und Vorhänge	$\varrho = 0{,}5 \ldots 0{,}7$
Raumdecke	$\varrho = 0{,}7 \ldots 0{,}8$
Fußboden	$\varrho = 0{,}2 \ldots 0{,}3$
Technische Ausrüstungen	$\varrho = 0{,}25 \ldots 0{,}55$

Die Farben sind innerhalb der ϱ-Grenzen wählbar. Die Oberflächen sollen matt ausgeführt werden. Ausrüstungs- und Einrichtungsgegenstände sind in die farbliche Abstimmung einzubeziehen.

Beispiele für Arbeitsplatzgestaltung

Kleinverbundanlage. Die Minimalausstattung einer Kleinverbundanlage im Wartenbereich besteht aus je einem

Pultsteuerrechner
Farbmonitor
Bedientastatur
Kassettenmagnetbandgerät
Seriendrucker.

Bild 4.82 zeigt ein Aufstellungsbeispiel mit drei Sitzpultelementen und zwei Beistellgefäßen. Das mittlere Pultelement mit Pultsteuerrechner im Untersatz, Monitor und Bedientastatur bildet den zentralen Arbeitsplatz des Anlagenfahrers. Zur Erweiterung der Arbeitsfläche wurde rechts ein zusätzliches Pultelement angereiht. Hier können z. B. Telefon oder Wechselsprechanlage abgestellt werden. Der Pultuntersatz kann für Datenverarbeitungsperipheriegeräte oder Zubehör/Unterlagen genutzt werden. Ein drittes Pultelement, links angereiht, dient der Aufnahme konventioneller Bedien- und Leitgerätetechnik. Dieses Pult wird dann projektiert, wenn Bedienstrategie und Sicherheitsbedürfnis des Anwenders die zusätzliche Eingliederung konventioneller Technik in die Leitzentrale, z. B. als Bedien-Back-up, erforderlich machen. Es sind mehrere solcher Pulte einsetzbar.

Großverbundanlage. Bild 4.83 zeigt ein Beispiel für die Arbeitsplatzgestaltung einer Großverbundanlage.

Es kommen in der Regel drei aneinandergereihte Sitzpulte mit Pultsteuerrechner, Monitor und Bedientastatur zum Einsatz. Tastatur und Monitor des mittleren Pultsteuerrechners die-

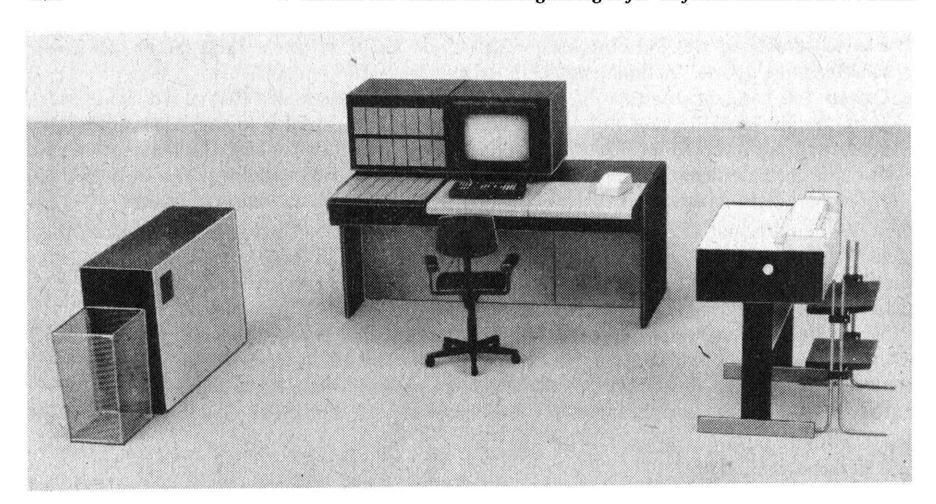


Bild 4.82. Leitstand einer Kleinverbundanlage audatec – Modellbeispiel (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, Gestaltungsentwurf und Modell: VEB Designprojekt Dresden)

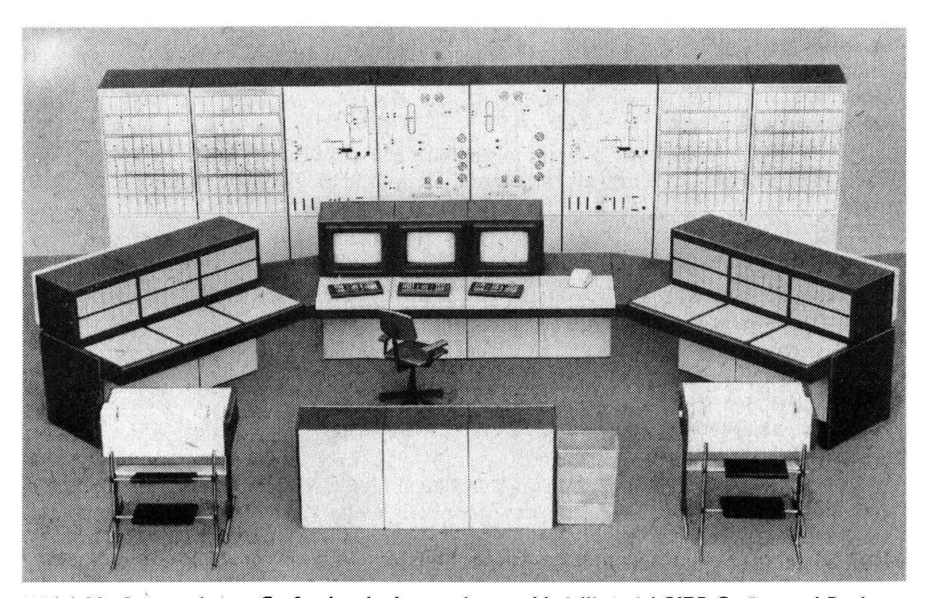


Bild 4.83. Leitstand einer Großverbundanlage audatec – Modellbeispiel (VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, Gestaltungsentwurf und Modell: VEB Designprojekt Dresden)

nen bei normalem Prozeßablauf dem Dialogbetrieb, der über die Gruppen- und Einzeldarstellung erfolgt. Hier ist der zentrale Arbeitsplatz des Anlagenfahrers.

Der linke Bildschirm wird vorrangig für die Prozeßübersicht genutzt. Die einzelnen Übersichtsbilder können dort angewählt werden. Der dritte Pultsteuerrechner (rechts angeordnet) wird in der Regel zur Alarmerfassung genutzt. Hier erfolgt die Ausgabe von Prozeß- und Sy-

stemalarmen auf Bildschirm und Drucker. Ein weiteres, im Beispiel rechts angereihtes Sitzpult dient der Aufnahme der Datenbahnsteuerstation. Gleichzeitig wird eine Erweiterung der Arbeitsfläche erreicht.

In Abhängigkeit von Bedienstrategie und/oder sicherheitstechnischen Erfordernissen können zusätzliche Pulte zur Aufnahme konventioneller Geräte vorgesehen werden.

Tafel 4.39. Standardübersicht zur Arbeitsplatz- und Wartengestaltung

	TGL	GOST	DIN	IEC	ISA	ISO
Wartengestaltung	31872/01 32991/05		66234, Teil 7			
Arbeitsplatzgestaltung, allgemeine ergonomische Forderungen	32604/01	T58 21889-76 T58 23000-78	4551 4552 33406 (VDI 2780)			6385 TC 159
Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen			66234, Teil 6 u. 7			
Beleuchtung im Wartenraum	200-0617/07 200-0745		5035, Teil 1 u. 2 66234, Teil 7			
Zeichendarstellung auf dem Monitor			66234, Teil 1 bis 5		ISA-dS 5,3 ISA-dS 5.5	
Tastatur, Bedien- und Anzeigenelemente, Kennzeichnung und Ausführung	12468 30108 13097 30817	W65 14289-69 T58 22614-77	66003 2137	73 TC 16		1090 TC 97 1091 TC 97 3244 TC 97

4.3.3. Einrichtungen der Betriebsleit- und Dispatcherebene

4.3.3.1. Wartenrechnerkoppeleinheit

Die gerätetechnische Ausführung der Koppeleinheit Wartenrechner ist unabhängig von der jeweiligen konkreten Konfiguration der Automatisierungsanlage. Die objektspezifische Anpassung erfolgt mit den Strukturierdaten. Die konstruktiven Rahmenbedingungen zum Aufbau von Einspeise-, Stromversorgungs-, Mikrorechner-, Lüfterkassette und zur Gefäßtechnik entsprechen den Aufrüstungen von Pultsteuerrechner und Datenbahnsteuerstation. Unterschiede bestehen in der Baugruppenkonfiguration des Mikrorechnerblocks, die im Bild 4.84 dargestellt ist. Es werden folgende Baugruppen verwendet:

1 ZRE	
1 PFS	16 KByte EPROM
1 ZI-SE 1 ZI-ÜE	Datenbahn der Anlage
1 ZI-SE 1 ZI-ÜE	Datenbahn der Anlage, redundant
1 ZI-SE 1 ZI-ÜE	Datenbahn zum Wartenrechner
1 OFS	6 K EPROM/2 K Byte RAM
9 OPS	36 K RAM
1 UEW-Baugruppe	
1 DAD	Anschluß Fehleranzeigebaustein

1 SE-AS	bedarfsweiser Anschluß, Serviceeinheit
1 ABS	bedarfsweiser Anschluß eines Schwarzweißbildschirmgeräts
1 ATS	bedarfsweiser Anschluß Tastatur

Der Anschluß von Serviceeinheit, Schwarzweißbildschirm und Tastatur erfolgt nur bedarfsweise bei Servicearbeiten oder Fehlersuche im Störungsfall.

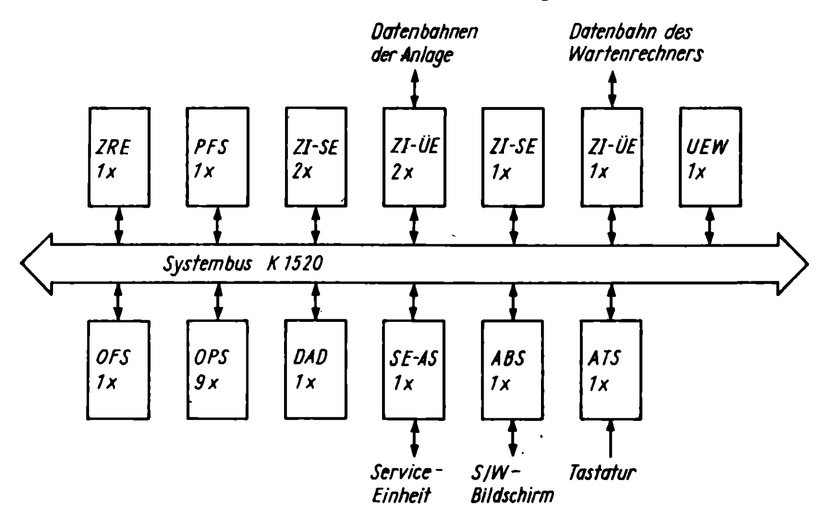


Bild 4.84. Konfigurator der Wartenrechnerkoppeleinheit

ZRE zentrale Recheneinheit; PFS programmierbarer Festwertspeicher; ZI-SE serielles Zwischenblockinterface Steuereinheit; ZI-ÜE serielles Zwischenblockinterface Übertragungseinheit; UEW Überwachungsmodul; PFS Operativ-Festwertspeicher; OPS Operativspeicher; DAD Digitalausgabe, dynamisch; SE-AS-Anschlußsteuerung Serviceeinheit; ABS Anschlußsteuerung Bildschirm; ATS Anschlußsteuerung Tastatur

4.3.3.2. Wartenrechner

Das Mikrorechnersystem K 1600 vom Kombinat Robotron besteht aus den Rechnertypen K 1620 und K 1630 mit gestufter Leistungsfähigkeit. Durch die Realisierung eines modularen Konzepts wird eine hohe Flexibilität für anwendungsspezifische Konfigurationen erreicht. Die Systemarchitektur ermöglicht die wahlweise Zusammenschaltung von Systemkomponenten, wie zentrale Verarbeitungseinheit, Speicherbaugruppen, Anschlußsteuerungen und Koppeleinheiten, über eine elektrisch und konstruktiv standardisierte Verbindung, den Systembus K1600. Über diesen Systembus werden Adressen, Daten und Steuersignale übertragen und die Einspeisung für die Stromversorgung der Baugruppen realisiert. Die Kommunikation der Systemkomponenten über den Systembus erfolgt nach dem Master-Slave-Prinzip.

Das Mikrorechnersystem besteht aus folgenden Komponenten (Tafel 4.40):

Zentrale Verarbeitungseinheit des K1620. Die zentrale Verarbeitungseinheit hat als wesentliche Bestandteile:

zwei LSI-Schaltkreise mit je 8 Bit Verarbeitungsbreite
Mikroprogrammsteuerung
Bussteuerung
Taktgenerator
Echtzeituhr.

Zentrale Verarbeitungseinheit des K1630. Die zentrale Verarbeitungseinheit bietet zusammen mit einer Speicherverwaltungseinheit und einem Arithmetikprozessor gegenüber dem

K1620 eine wesentliche Leistungssteigerung bezüglich Adressierungsbereich, Parallelarbeit und Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Arbeitsspeicher. Die Arbeitsspeicher des K1600 sind modular aufgebaut. Durch Einsatz verschieden großer Speicherbaugruppen kann sich der Anwender entsprechend seinem Einsatzfall die Speicherkapazität wahlweise im Rahmen des Adressierungsbereichs konfigurieren. Es

Tafel 4.40. Komponenten des Mikrorechnersystems K 1600 (VEB Kombinat Robotron)

Baugruppe	Funktionen	Technische Daten
Zentrale Verarbeitungseinheit ZVE K 2662	Mikroprogrammierte Befehlsliste K 1620 mikroprogrammierte Bedienfunktionsroutinen Steuerung des Informationsflusses über Systembus Buszuteilungs- und Unterbrechungssteuerung zyklische Regenerierung dynamischer Halbleiterspeicher Bedienung über Frontpaneel oder Bediengerät	16 Bit Verarbeitungsbreite (Wort- und Byteverarbeitung) 400 Befehle (einschließlich Modifikationen) 12 Adressierungsarten acht universelle Register 32 K Wörter Adressierungsbereich (davon 4 K Wörter für E/A-Geräte reserviert) vektororganisiertes Unterbrechungssystem, fünf Ebenen, davon eine DMA-Ebene Echtzeituhr (20 ms Zeitintervall) E/A-Organisation programmierbar und DMA
Zentrale Verarbeitungseinheit ZVE 2663	mikroprogrammierte Befehlsliste K 1620/1630 mikroprogrammierte Bedienfunktionsroutinen Adreßrechnungen für Arithmetikprozessor	wie ZVE K 2662 außer 8 + 8 universelle Register 128 K Wörter Adressierungsbereich (davon 4 K Wörter für E/A-Geräte reserviert)
Speicherverwaltungseinheit	Umrechnung der virtuellen 16-Bit-Adresse in eine physische 18-Bit-Adresse Gewährleistung des Speicherschutzes Steuerung des Informationsflusses zwischen Prozessor und Systembus	
Arithmetikprozessor	Multiplikation und Division im Festkommaformat (Einfach- und Doppelwort) Addition und Subtraktion von Doppelwortoperanden Gleitkommaarithmetik für Grundrechenarten Datenkonvertierung von Festkomma in Gleitkomma und umgekehrt	

Tafel 4.40. (Fortsetzung)

Baugruppe	Funktionen	Technische Daten
Stromversorgung	Einphasenwechselspannung 220 V $^{+10\%}_{-15\%}$ 50 oder 60 Hz Stützzeit bei Netzausfall 10 ms bei Minustoleranz 20 ms bei Nennwert Leistungsstufung 50 W, 100 W, 150 W für jeweils 5, 7, 9, 12, 15, 24, 36 V	

stehen Halbleiterspeicher als dynamische bzw. statische Operativspeicher (Lese-Schreib-Speicher) und programmierbare Festwertspeicher (Lesespeicher) zur Verfügung. Für die Überwachung der dynamischen Operativspeicher kann eine Fehlerkorrektureinrichtung eingesetzt werden. Von dieser Einrichtung werden Einbitfehler der gelesenen Information erkannt und korrigiert; Doppelfehler werden erkannt und gemeldet. Ohne Fehlerkorrektureinrichtung wird eine byteweise Paritätskontrolle durchgeführt; Paritätsfehler werden gemeldet. Zur Gewährleistung der Informationssicherung bei Spannungsausfall können Akkumulatorbaugruppen eingesetzt werden; die Stützzeit beträgt einige Stunden.

Anschlußsystem. Für den Anschluß peripherer Geräte stehen Anschlußsteuerungen zur Verfügung, die die allgemein gültigen Interfaces realisieren:

Interface für sternförmigen Anschluß mit Parallelübertragung (IFSP)
Interface für sternförmigen Anschluß mit serieller Übertragung (IFSS)
Standardinterface SIF-1000
Interface S2 nach TGL 29077 für V. 24 und V. 28 der CCITT-Empfehlung

gerätespezifische Interfaces für

Kassettenplattenspeicher und
Folienspeichereinheit
schnelles serielles Interface (IFLS) für technologische Prozesse. Dieses Interface, realisiert über die Anschlußsteuerung ATP, wird für die Ankopplung an die Datenbahn des Zwischenblockinterfaces genutzt.

Stromversorgung. Die Stromversorgung des Mikrorechnersystems K1600 ist modular aufgebaut. Es stehen Baugruppen mit gestaffelter Leistung zur Verfügung. Eine Notstromversorgungseinheit mit Akkumulator für Datensicherung kann bedarfsweise eingesetzt werden.

Konstruktiver Aufbau. Die modulare Konzeption des Mikrorechnersystems K1600 wurde auch bei der konstruktiven Lösung durchgängig verwirklicht. Die Hauptkomponenten sind folgende:

Baugruppen. Die logischen Funktionseinheiten sind auf Leiterkarten der Abmessungen 215 mm × 170 mm untergebracht.

Baugruppeneinsatz (Blockeinschub). Die Baugruppen werden in diesem Einsatz vertikal angeordnet. Die Baugruppeneinsätze stehen in zwei Lösungen zur Verfügung, für 28 und 14 Baugruppen. Der Blockeinschub ist für den Schrankeinbau ausgelegt, wird aber auch in verkleideter Form als Auftischgerät geliefert.

Grundrahmen. Der Grundrahmen ist das tragende Element des Blockeinschubs und dient außerdem zur Aufnahme der übrigen konstruktiven Baugruppen.

Lüfterbaustein. Der hohe Integrationsgrad der Bauelemente auf den Baugruppen und die Anordnung der Baugruppen im Blockeinschub erfordern eine horizontale Zwangsbelüftung. Zu diesem Zweck werden leistungsfähige Lüfter kleiner Abmessungen eingesetzt.

Stromversorgungseinheiten. Die in Kompaktbauweise ausgeführten Stromversorgungseinheiten werden mittels einer Aufnahme auf dem Grundrahmen aufgesetzt.
Frontplatte. Die Frontplatte ist die vordere Abdeckung des Blockeinschubs. Sie ist abnehmbar und ermöglicht damit das Aufschwenken der dahinter befindlichen Montageplatte, die die notwendigsten Bedienelemente trägt.
Schrank. Der Schrank ist das Gefäß zur Aufnahme der Rechnerblockeinschübe und peripherer Geräte. Seine Abmessungen sind

600 mm × 730 mm × 800 mm oder
600 mm × 1800 mm × 800 mm.

4.3.3.3. Datenverarbeitungsperipherie

Über die interfacespezifischen Anschlußsteuerungen können die unterschiedlichsten peripheren Geräte an den K1600-Systembus angeschlossen werden. Sie besitzen folgende charakteristischen Merkmale:

funktionelle und konstruktive Abgeschlossenheit
autonome Stromversorgung
Ausführung als Einschub/Einsatz (soweit funktionell möglich) oder als absetzbares Gerät.

In Tafel 4.41 sind die wesentlichen technischen Daten der Peripheriegeräte zusammengestellt.

Tafel 4.41. Peripheriegeräte zum Mikrorechnersystem K 1600 (VEB Kombinat Robotron)

Gerätetyp	Technische Daten	Bemerkungen
Bedieneinheit K 8911	31 cm Bildschirmdiagonale zwei Helligkeitsstufen 24 Zeilen à 80 Zeichen 128 Zeichen max. Absetzbarkeit 500 m Anschluß mit serieller Übertragung über Interface IFSS Übertragungsgeschwindigkeit 9600 Bd	einfaches alphanumerisches Schwarzweißbildschirmgerät mit Standardtastatur
Lochbandeinheit K 6200	s. Abschn. 4.3.2.4.	Gerätekomplex für die Ein- und Ausgabe auf Basis Datenträger Lochband
Kassettenmagnetbandeinheit K 5261	s. Abschn. 4.3.2.4.	Aufzeichnungs- und Wiedergabegerät für 1/8"-Digitalkassetten. Die Einheit enthält zwei Kassettenmagnetbandgeräte K 5200
Seriendrucker SD 1152	30 Zeichen/s bei Start/Stop-Betrieb 210/132 bis 158 Zeichen/Zeile 96 Zeichen (groß/klein) Ausgabe auf Einzelformular und Journalrolle, aufrüstbar auf Leporello Anschluß über Interface IFSS Übertragungsgeschwindigkeit 9600 Bd	Druck mit Typenrad

Tafel 4.41. (Fortsetzung)

Gerätetyp	Technische Daten	Bemerkungen
Seriendrucker SD 1157	180 Zeichen/s 132 Zeichen/Zeile 96 Zeichen Druckmatrix 9 × 7 Ausgabe auf Leporello, Endlosrolle, Einzelbeleg Anschluß über Interface IFSS oder IFSP	Nadeldruckprinzip
Paralleldrucker CM 6313	Druckgeschwindigkeit 660 Zeilen/min 96 Zeichen 136 Zeichen/Zeile Zeilenabstand 1/6" oder 1/8"	mittelschneller Drucker für Leporellopapier
Folienspeichereinheit K 5665	Speicherkapazität je Diskette 256 KByte Drehzahl 360 min^{-1} Übertragungsgeschwindigkeit 250 KBit/s Spurenanzahl je Diskette 77 Sektorenanzahl 32 mittlere Zugriffszeit je Spur 85 ms je Diskette 508 ms Anschluß über Interfaces IFFS	Massendatenspeicher mit wechselbarer flexibler Magnetplatte (8"-Diskette) und Doppellaufwerk
Magnetbandgerät CM 5300	1/2"-Magnetbänder Bandlänge 360 m/Spule Bandgeschwindigkeit 32 cm/s Umspulzeit 300 s Spurenanzahl 9 Übertragungsgeschwindigkeit 10 KByte/s Aufzeichnungsdichte 32 Bit/mm	externer Massendatenspeicher mit sequentiellem Zugriff, Anschluß von bis zu vier Magnetbandgeräten über Anschlußsteuerung CM 5001
Magnetbandgerät CM 5303	1/2"-Magnetbänder Bandlänge 720 m/Spule Bandgeschwindigkeit 114 cm/s Umspulzeit 300 s Spurenanzahl 9 Übertragungsgeschwindigkeit 32 KByte/s Aufzeichnungsdichte 32 Bit/mm	
Kassettenplattenspeicher CM 5400	14"-Platten je Platte zwei speichernde Oberflächen Speicherkapazität 2,5 MByte je Platte Aufzeichnungsdichte 87 Bit/mm Drehzahl 2400 min^{-1} Übertragungsgeschw. 2,5 MBit/s	externer Massendatenspeicher mit wahlfreiem Zugriff, bestehend aus einer Festplatte und einer Wechselplatte

Tafel 4.41. (Fortsetzung)

Gerätetyp	Technische Daten	Bemerkungen
	Spurenanzahl je Oberfläche 204 Sektorenanzahl 12 Byteanzahl je Sektor 512 mittlere Zugriffszeit je Sektor 12,5 ms je Spur 50 ms	
Universelles Bildschirmterminal K 8931	Steuereinheit mit Doppelprozessor 8 Bit Wortbreite 4 bis 64 KByte aufrüstbarer RAM/EPROM-Speicher Schwarzweißbildschirm mit 31 cm Diagonale 16 Zeilen à 64 Zeichen oder 24 Zeilen à 80 Zeichen Anschluß über Interface V. 24, IFSS Übertragungsgeschwindigkeit 9600 Bd	freiprogrammierbares Gerät mit universeller alphanumerischer Tastatur, wahlweise Anschlußmöglichkeiten für Folienspeicher, Kassettenmagnetbandgerät, Seriendrucker

4.4. Prozeßkommunikation

4.4.1. Grundlagen

Die Kommunikation zwischen Anlagenfahrer und Prozeß erfolgt indirekt über die Kommunikationsstellen der zwischengeschalteten Automatisierungsanlage. Eine Kommunikationsstelle wird über eine jeweils einmalig in der Anlage vergebene problemorientierte Nummer der Meßstellenbezeichnung angesprochen. Die problemorientierte Meßstellenbezeichnung besteht aus maximal vier Buchstaben und fünf Ziffern. Die Prozeßkommunikation bezieht sich auf Betriebsarten und Datentypen. Es existieren folgende *Kommunikationsstellentypen:*
Analoge Kommunikationsstelle. Istwert, Sollwert, Grenzwert, Stellwert, Stellgliedrückmeldung.
Binäre Kommunikationsstelle. Schaltzustände und freie Parameter, mit denen objektbezogen Anzeige und/oder Bedienfunktionen realisiert werden können. Für die Darstellungsformate der freien Parameter kann gewählt werden zwischen

acht Binärzuständen
Dezimalzahl als Integer-, Festkomma- oder Gleitkommagröße.

Zählerkommunikationsstelle. Zählwert, Voreinstellwert.
Kommunikationsstelle binärer Geber. Anzeige von bis zu vier binären Zuständen.

Bezüglich der Farbgebung gelten folgende Regeln (auf der Basis von TGL 12468):

Grün	Grundfarbe mit der Bedeutung Sicherheit, Prozeß und System fehlerfrei
Gelb	Störung, Warnung, Achtung; kritischer Grenzwert erreicht (technologische Anlage)
Rot	Gefahr, Alarm; Gefährdung für Personen und/oder Sachwerte (technologische Anlage)
Blau	Stellwertanzeige
Weiß	Anlage/Aggregat eingeschaltet

Darüber hinaus ist vereinbart:

Cyan	Alarmierung von Fehlern/Störungen in Einrichtungen der Automatisierungsanlage
Purpur	Bedienereingaben beim Dialogbetrieb

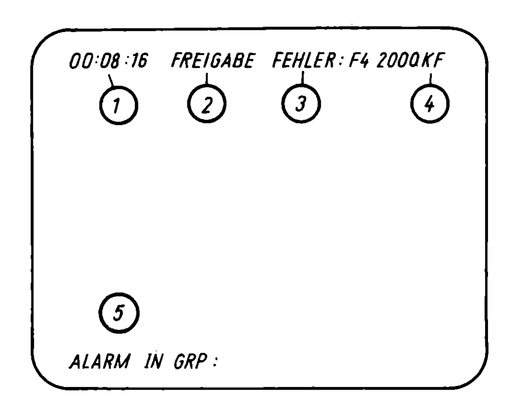


Bild 4.85. Rahmenfestlegung auf dem Farbmonitor

1 Uhr; *2* Stellung Schlüsseltaster; *3* Systemfehlermeldung; *4* Bedienfehler; *5* Alarmzeile
KF Kommandofehler; GRP Gruppe

Nichtquittierte Meldungen von Betriebszuständen werden durch ein blinkendes Zusatzzeichen in der jeweiligen Farbe der Meldung gekennzeichnet, das nach Quittierung in Dauerlicht übergeht. Mit der Anschlußsteuerung des Farbmonitors ist nur eine einzige Blinkfrequenz realisierbar. Für die Bildschirmaufteilung gilt die Rahmenfestlegung nach Bild 4.85.

4.4.2. Übersichtsdarstellung

Es können bis zu acht Übersichtsbilder mit je maximal 240 Kommunikationsstellen in 30 Gruppen generiert werden. Die Zuordnung der Gruppen zu einer Übersicht kann dabei nach technologischen Teilobjekten erfolgen. Die Gruppenbezeichnung in der Übersicht ist mit maximal vier alphanumerischen Zeichen festgelegt. Jeder Gruppe ist eine Nummer zugeordnet, die sich aus drei Ziffern zusammensetzt.

1. Ziffer	Übersichtsnummer
2. und 3. Ziffer	laufende Nummer in der Übersicht

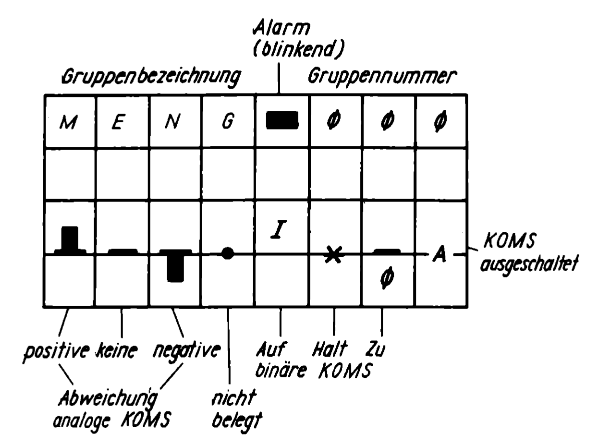


Bild 4.86. Darstellung einer einzelnen Gruppe im Übersichtsbild

KOMS Kommunikationsstelle

Gruppenbezeichnung und -nummer werden durch den höchstpriorisierten Alarm in der Gruppe gefärbt. Für analoge Kommunikationsstellen ist die Darstellung an das Nulltrendprinzip angelehnt (Auflösung in sieben Stufen). Der Darstellungsmaßstab ist vom Projektanten festzulegen und kann im laufenden Betrieb geändert werden. Bei gestörter Datenübertragung erscheint S auf rotem Hintergrund. Die Aktualisierung der Informationen im Übersichtsbild erfolgt mit einem Zyklus von 5 s. Die Informationsdarstellung einer Gruppe als Übersichtsbild auf dem Monitor wird im Bild 4.86 gezeigt. Der Eingriff auf Prozeßdaten im Übersichtsbild ist nicht möglich.

4.4.3. Gruppendarstellung

Entsprechend der Anzahl der Übersichtsbilder können maximal 240 Gruppenbilder strukturiert werden. Eine Kommunikationsstelle kann mehreren Gruppen zugeordnet werden. In der Gruppendarstellung werden maximal acht Kommunikationsstellen zur Anzeige gebracht. Sie belegen die Positionsnummern 0 bis 7. Eine Kommunikationsstelle belegt dabei drei Bildschirmzeilen. Je nach Typ der Kommunikationsstelle können Prozeßinformationen wie Betriebsart, Werte von Datentypen und freien Parametern, Betriebszustände, Alarmierungen und Alarmursachen zur Anzeige kommen. Mittels einer Dialogtaste können einzelne Kommunikationsstellen zum Dialog angewählt werden.

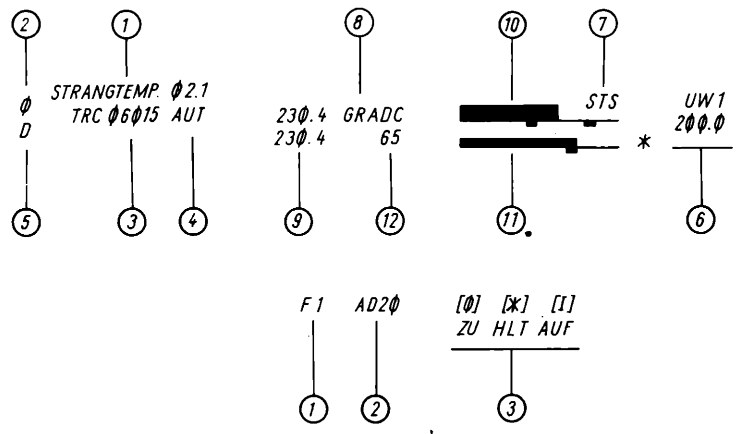


Bild 4.87. Analoge und binäre Kommunikationsstelle in der Gruppendarstellung

Aufbau und Informationsinhalt des Bildes einer Kommunikationsstelle in der Gruppendarstellung werden im Bild 4.87 gezeigt. In der ersten Zeile steht links die technologische Bezeichnung der Kommunikationsstelle (1). Darunter erscheinen die Nummer in der Gruppe (2), die problemorientierte Meßstellenbezeichnung (3) und die Betriebsart (4). Ist die Kommunikationsstelle zum Dialog angemeldet, so erscheint unter der Nummer ein D (5). Im Dialog können zusätzlich zu den ständig angezeigten Daten weitere angefordert und bei Bedarf geändert werden. Die Anzeige erfolgt rechts im Gruppenbild (6). Dabei steht in der ersten Zeile der Datentyp und darunter der aktuelle Wert. In der dritten Zeile erscheint bei Dialogbereitschaft ein *, und es kann die Eingabe des Wertes erfolgen. Bei Abschluß der Eingabe wird der neue Wert übernommen und in der zweiten Zeile angezeigt. Nach Beendigung der Dialoghandlung bleibt dieser Wert im Bild und wird mit den anderen Werten der Kommunikationsstelle ständig aktualisiert. Der Aktualisierungszyklus beträgt 3 s.

Im rechten Teil der ersten Zeile werden aufgetretene Alarme signalisiert (7). Die dabei ver-

wendeten Mnemoniks werden Wörterbüchern entnommen, die bei der Strukturierung aufgebaut werden.

Der weitere Bildaufbau ist in Abhängigkeit von den Typen der Kommunikationsstellen verschieden. Bei analogen Kommunikationsstellen werden in der zweiten Zeile Meßwert und Dimension des Istwerts eingeschrieben (8). Darunter stehen, falls strukturiert, der Meßwert des Sollwerts (9) und die Größe des Stellwerts in Prozent (12). Zusätzlich zur Zahlendarstellung erfolgt eine Darstellung in Balkenform (10 und 11). Beim Istwertbalken (10) erfolgt die Darstellung des Meßbereichs oder eines Teiles davon mit einer Auflösung von 40 Teilen. Die Festlegung, ob der gesamte Meßbereich oder ein Teil davon (50, 25, 12,5 %) angezeigt wird, erfolgt durch den Wert des Anzeigebereichs. Der Anzeigeanfang bestimmt den Wert, von dem an die Darstellung eines Meßbereichsteils erfolgt. Der Anzeigebereich kann nur in der Einzeldarstellung geändert werden. Zusätzlich zum Istwert werden beim Istwertbalken der Sollwert und Grenzwerte dargestellt. Der Stellwertbalken (11) zeigt die Größe des Stellwerts und die Rückmeldung im Bereich von 0 bis 100 % an.

Diejenigen Teile des Bildes, die bei binären Kommunikationsstellen anders als bei analogen sind, werden im Bild 4.87 gezeigt. Anstelle des Istwerts erscheint ein freier Parameter, bestehend aus Bezeichnung (1) und Wert (2). Drei weitere freie Parameter können durch Dialog angezeigt werden. Mittels der Leuchtfelder (3) können verschiedene Zustände der Kommunikationsstellen angezeigt werden. Die Bedeutung der Zustände wird durch Mnemoniks gekennzeichnet. Bei dem jeweils alarmierten Zustand wird die farbliche Darstellung negiert.

Bei binären Gebern erfolgt ähnlich wie bei binären Kommunikationsstellen eine Darstellung von bis zu vier Leuchtfeldern, die mit der jeweiligen Bedeutung beschriftet sind. Bei Zählerkommunikationsstellen werden anstelle von Meß- und Stellwert der Wert eines Zählers und der eines Voreinstellwerts angezeigt. Ein Beispiel für die Gruppendarstellung wird im Bild 4.88 gezeigt.

Die Gruppendarstellung und die bei dieser Bildart mögliche Dialogbedienung ist Haupt-

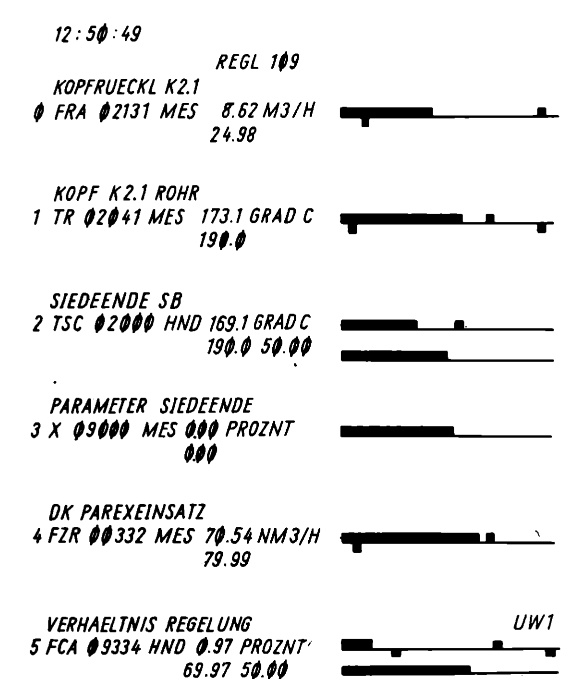


Bild 4.88. Beispiel einer Gruppendarstellung

kommunikationsmittel des Anlagenfahrers zur Prozeßführung über das Bedienpult. Die Dialogbereitschaft wird hergestellt durch Betätigung der Dialogtaste und Eingabe der Nummer der Kommunikationsstelle in der Gruppe. Die Dialogbereitschaft wird durch ein purpurfarbenes D unterhalb der Positionsnummer der angewählten Kommunikationsstelle gekennzeichnet. Es sind folgende *Bedienhandlungen* zur Beeinflussung von Prozeßgrößen durch Betätigung entsprechend zugeordneter funktionsorientierter und/oder numerischer Taster möglich:

Analoge Kommunikationsstelle

Betriebsartenänderung

Kommunikationsstelle ausschalten
Umschaltung auf Handbetrieb
Umschaltung auf Automatikbetrieb
Umschaltung auf Messung
Umschaltung auf Kaskadenregelung
Umschaltung auf rechnergeführte Regelung
(Sollwert wird vom Wartenrechner vorgegeben)
Umschaltung auf direkte digitale Regelung
(Stellwert wird vom Wartenrechner vorgegeben).

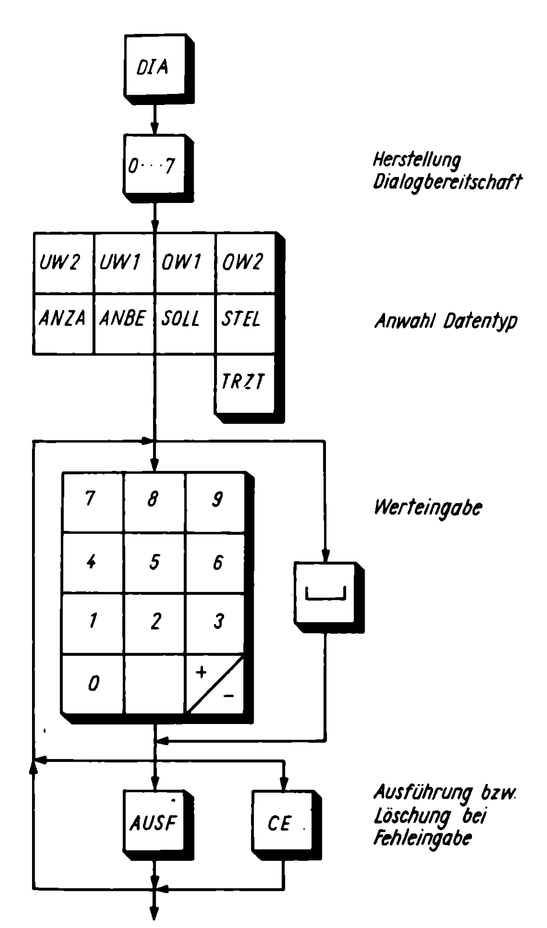


Bild 4.89. ***Bediengraph zum Dialog mit einer Kommunikationsstelle in der Gruppendarstellung***

Datentypenanwahl. Anwahl von

unterem Grenzwert (1 oder 2)
oberem Grenzwert (1 oder 2)
Sollwert
Stellwert
Istwert.

Der angewählte Datentyp und dessen aktueller Wert werden im Bild eingetragen.
Wertänderung des Datentyps. Die Wertänderung kann durch Eingabe von Ziffernfolgen oder durch Tastenbetätigung für stetige Änderung erfolgen.

Bild 4.89 zeigt als Beispiel den Bediengraphen zur Datentypanwahl und Wertänderung. Bei der Wertänderung von Datentypen sind folgende Besonderheiten zu beachten:

Die Angabe des Stellwerts erfolgt in Prozent von 0 bis 99,99. Negative Stellwerte können deshalb nicht eingegeben werden. Stellwertänderungen sind außerdem nur bei auf Hand geschalteten Kommunikationsstellen möglich.

Die Rückmeldung kann zwar über Tastatur angewählt werden; sie läßt sich jedoch nicht beschreiben (Signal kommt vom Stellgliedausgang).

Bei Sollwertänderung gibt es keine Einschränkungen, vorausgesetzt der neue Sollwert liegt im Meßbereich. Die Grenzwerte lassen sich nur in der Weise ändern, daß das Prinzip UW2<UW1<OW1<OW2 eingehalten bleibt. Ansonsten erfolgt eine Fehlermeldung.

Binäre Kommunikationsstelle

Betriebsartenänderung

Kommunikationsstelle ausschalten
Umschaltung auf Handbetrieb
Umschaltung auf Automatikbetrieb
Umschaltung auf Freigabe
Umschaltung auf „Geführt"
Umschaltung auf Schrittbetrieb
Umschaltung auf „Örtlich".

Betriebszustandsänderung. Ausführung von Schalthandlungen.
Wertänderung freier Parameter. Für die Formate der freien Parameter gelten die Festlegungen nach Tafel 4.42. Für Zählgrößen und binäre Geber erfolgen die Bedienhandlungen sinngemäß zu analogen und binären Kommunikationsstellen.

Tafel 4.42. Festlegung zu den Formaten der freien Parameter

Bilddarstellung	Interne Darstellung
0–255	1 Byte Integer
0–65535	2 Byte Integer
±–nnn.n	2 Byte Festkomma
0–99	1 Byte BCD
0–9999	2 Byte BCD
0–99999999	4 Byte BCD
0–FF	1 Byte HEXA
0–FFFF	2 Byte HEXA
0–FFFFFFFF	4 Byte HEXA
±0.nnE±n	1 Byte Mantisse
	1 Byte Exponent Gleitkomma
±0.nnnnE±n	2 Byte Mantisse
	1 Byte Exponent Gleitkomma

4.4.4. Einzeldarstellung

In der Einzeldarstellung werden einzelne Kommunikationsstellen angezeigt. Zusätzlich zu den Informationen aus der Gruppendarstellung kommen dabei je nach Typ der Kommunikationsstelle weitere Daten zur Anzeige:
bei *analogen Kommunikationsstellen*

Grenzwerte (UW2, UW1, OW1, OW2)
Anzeigeanfang (ANZA) und Anzeigebereich (ANBE) der Balkendarstellung

bei *binären Kommunikationsstellen*

freie Parameter (FP2, FP3, FP4).

In der Einzeldarstellung besteht sofortige Dialogbereitschaft. Bei analogen Kommunikationsstellen kann in der Einzeldarstellung zusätzlich eine Trenddarstellung angewählt werden.

4.4.5. Trenddarstellung

In der Trenddarstellung wird der Verlauf des Istwerts einer analogen Kommunikationsstelle über der Zeit aufgetragen. Die senkrechte Achse des Trendbilds entspricht der Balkendarstellung. Für Sollwert und Grenzwerte werden an der rechten Kante Marken angebracht. Die Zeit wird in der waagerechten Achse dargestellt, wobei rechts der jeweils aktuellste Wert steht. Mittels der Trendzeit kann der Maßstab der Zeit bestimmt werden. Es sind Trendzeiten im Bereich von 1 s bis 6 h wählbar. Ist in der Basissteuereinheit für die betreffende Kommunikationsstelle die Trenderfassung strukturiert, werden die gespeicherten Daten angezeigt. Falls kein Trend strukturiert ist, wird im Pultsteuerrechner durch die Speicherung der Istwerte ein Trendspeicher aufgebaut, der nur für die Dauer der Trendanwahl existiert. Bei nichtstrukturiertem Trend erscheint die Trendzeit schwarz auf weiß (Negativ).

4.4.6. Alarmdarstellung

In der Alarmdarstellung erfolgt die protokollarische Auflistung aufgetretener Alarme mit einer Zeitauflösung von 1 s. Es werden Prozeß- und Systemalarme angezeigt. Jedem Alarm wird eine Zeile zugeordnet. Es sind maximal 30 Alarmmeldungen gleichzeitig auf dem Bildschirm darstellbar. In jeder Zeile stehen, von links beginnend, folgende Informationen:

- Uhrzeit, zu der der Alarm gemeldet wurde
- problemorientierte Meßstellennummer der Kommunikationsstelle, in der der Alarm aufgetreten ist, bzw. Bezeichnung des Einrichtungstyps bei Systemalarmen
- Alarmkurzbezeichnung
- hexadezimale Anzeige des Prozeßstatusbytes
- Nummer der Alarmgruppe, der die Kommunikationsstelle zugeordnet ist (eine der Meßstellengruppen, in der die Kommunikationsstelle enthalten ist)
- Bezeichnung der Kommunkationsstelle bzw. Kurzbezeichnung des technologischen Ortes.

Der jeweils aktuellste Alarm steht in der obersten Zeile des Alarmbilds. Solange der Alarm ansteht, wird die problemorientierte Meßstellennummer entsprechend der Alarmpriorität gelb oder rot eingefärbt. Nichtquittierte Alarme werden durch Blinken gekennzeichnet. Zurückgegangene Alarme werden grün angezeigt. Bei Erreichen einer weiteren Alarmstufe einer Kommunikationsstelle wird eine neue Bildzeile mit entsprechender Farbgebung höherer Priorität erzeugt.

4.4.7. Fließbilder

Ergänzend zu den bisher erläuterten Bildarten mit festgelegten Darstellungsformen und -inhalten können objektbezogene freie Darstellungen strukturiert werden. Bei der Verwendung von Fließbildern zur Prozeßführung ist zu beachten, daß sie nicht mit Farb-, Technologie- und Meßstelleninformationen überladen werden, da sie sonst unübersichtlich werden und keine Informationen mehr für den Anlagenfahrer vermitteln. Für den *Aufbau des statischen Teiles* des Fließbilds (Leitungen, Behälter, Industrieöfen, Kolonnen, Aggregate usw.) sind die vorhandenen Farben des Monitors frei verwendbar, um unterschiedliche Stoff- und Energieflüsse kennzeichnen zu können. Für die eingeblendeten *dynamischen Informationen* (Meßwerte, Alarme, Betriebszustände) gelten die Farbfestlegungen gemäß Abschn. 4.4.1. Um die Übersichtlichkeit eines Fließbilds zu sichern, ist die Anzahl der einem Fließbild zugeordneten Kommunikationsstellen auf etwa 15 zu begrenzen. Betriebszustände und Alarme dürfen nur über die Kommunikationsstellen signalisiert werden, nicht durch Farbumschlag von Symbolen zur Darstellung der technologischen Anlage, da sonst Zweideutigkeiten in der Informationsvermittlung auftreten können. (Beispielsweise ist die Kennzeichnung des Mediums Dampf einer Rohrleitung in Rot als Normalzustand und die Umschaltung einer Behälterniveaudarstellung auf Rot bei Grenzwertüberschreitung als Alarmmeldung eine mehrdeutige Verwendung der Farbe innerhalb der Symboldarstellungen.) Die Verwendung der Farbe Blau ist aufgrund des Überstrahlungseffekts auf ein Minimum zu beschränken. Vor dem Entwurf von Anlagenbildern für ein Objekt sind einheitliche *Ordnungsprinzipien* festzulegen, die für alle Fließbilder durchgängig einzuhalten sind. Das betrifft:

- farbliche Kennzeichnung von Stoff- und Energieflüssen, Anlagenteilen, Aggregaten, sofern mit den verfügbaren Monitorfarben technologische Festlegungen zur Farbkennzeichnung nicht erfüllbar sind
- Aufteilung des Bildschirms für Beschriftungen, Fließbild, Dialogzeilen
- Farbgebung von Beschriftungen
- Positionierung der dynamischen Informationen in bezug zur technologischen Darstellung (z. B. Meßwertanzeige immer oberhalb der Rohrleitungen)
- Signalisierung von Zustandsmeldungen (z. B. Farbumschaltung Grün/Gelb/Rot des Meßwerts auf schwarzem Hintergrund oder schwarze Anzeige des Meßwerts auf Grün/Gelb/Rot als Hintergrund)
- Darstellungsart technologischer Anlagenteile/Aggregate/Meß- und Stellorte.

Für die strukturierten Fließbilder eines Bedienpults wird ein Verzeichnis geführt, das sich der Anlagenfahrer auf dem Bildschirm anwählen kann. Das Verzeichnis enthält die Numerierung (2stellige Ziffer) und die Bezeichnung jedes Anlagenbilds. Anhand dieses Verzeichnisses wählt sich der Anlagenfahrer das gewünschte Bild an. Mit den Fließbildern ist ebenfalls eine Prozeßführung durch Dialogbetrieb möglich. Nach Betätigung der Dialogtaste wird im Fließbild unterhalb der Kommunikationsstelle ein Buchstabe auf weißem Untergrund angezeigt. Nach Eingabe eines dieser Buchstaben über die Bedientastatur wird in drei Bildschirmzeilen unterhalb des Anlagenbilds die angewählte Kommunikationsstelle wie in der Gruppendarstellung angezeigt; der Dialogbetrieb ist danach wie in der Gruppendarstellung mit dieser Kommunikationsstelle freigegeben.

4.4.8. Prozeßkommunikation der autonomen Automatisierungseinrichtung

Die Prozeßkommunikation wird bei der autonomen Automatisierungseinrichtung durch den direkten Anschluß der Kommunikationselemente an die Basissteuereinheit realisiert. Es sind folgende grundsätzliche Arten der Prozeßkommunikation vorgesehen:

Analog- und Binärwertanzeige
Digitalwertanzeige
absolute Analogwerteinstellung

kontinuierliche Analogwerteinstellung (mehr/weniger)
Verstellen von Ventilen (Öffnen, Schließen)
Umschalten von Speichern für Motoren und Schieber (ein, aus).

Gemäß der eingesetzten Variante werden diese Bedienfunktionen mit konventionellen Bedien- und Anzeigeelementen oder mit Tastatur und Schwarzweißbildschirmen realisiert. Bei der Variante mit Parallelbedienung werden die Bedienfunktionen mit Leitgeräten, Bedien- und Meldebaugruppen und Ziffernanzeigen realisiert. Durch diese Art der Bedienung wird der digitale Charakter der Automatisierungsanlage für das Bedienpersonal nicht direkt sichtbar. Die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit der Basissteuereinheit sichert die ständige Verfügbarkeit aller Anzeigewerte und gewährleistet die Eingriffsmöglichkeiten an allen Bedienelementen. Mit den Leitgeräten erfolgt die kanalspezifische Bedienung der Regelkreise. Bei der Variante mit serieller Bedienung erfolgt die Bedienung mit Tastatur und Schwarzweißbildschirm. Die serielle Bedienung ist zur Prozeßbeobachtung und -bedienung hierarchisch aufgebaut.

Die Prozeßinformationen der Gesamtanlage können auf mehrere, über Tasten direkt anwählbare Übersichtsbilder aufgeteilt werden.

Jedes Übersichtsbild umfaßt neun Gruppen. In einer Gruppe sind vier Meßstellen zusammengefaßt. Bild 4.90 zeigt den hierarchischen Aufbau der Informationsdarstellung.

In der Übersichtsdarstellung sind die analogen und binären Meßstellen zu einzelnen Meßstellengruppen zusammengefaßt. Es erfolgt eine Markierung der gestörten Meßstellen bzw. der Meßstellen mit Grenzwertüberschreitung. Bei der autonomen Automatisierungseinrichtung sind vier Übersichtsdarstellungen mit je 40 Meßstellen zugelassen. Eine Gruppendarstellung enthält vier Meßstellen. Die Darstellung analoger Meßstellen erfolgt grafisch als Balken und zahlenmäßig für Istwert, Sollwert und Stellwert. Für binäre Meßstellen bzw. Geber erfolgt eine Ausschrift der Prozeßzustände (z. B. ein/aus, auf/zu). Die Einzeldarstellung ist nur für analoge Meßstellen generiert. In der Einzeldarstellung ist ebenso die Bedienung bzw. Parameteränderung für Meßstellen/Regelkreise wie im Gruppenbild möglich. Die Prozeßkommunikation ist so gestaltet, daß die Erfordernisse der operativen Prozeßführung umfassend erfüllt sind.

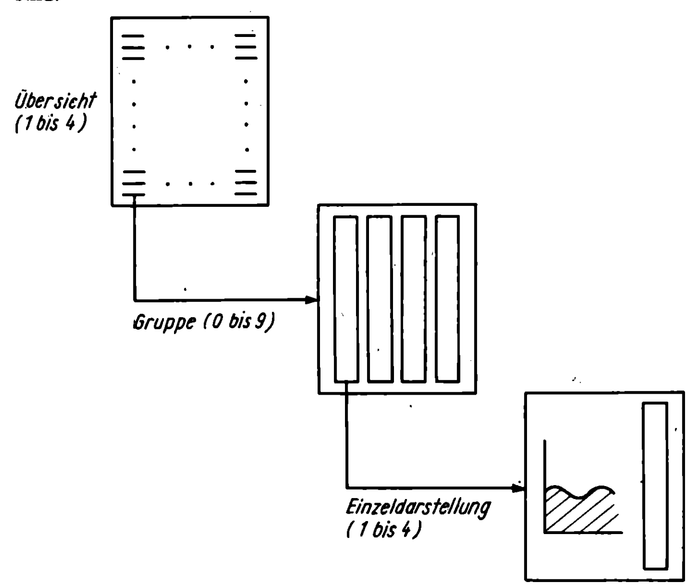


Bild 4.90. Hierarchischer Bildaufbau bei der autonomen Automatisierungseinrichtung

4.5. Softwareaufbau

4.5.1. Allgemeine Prinzipien der Softwareorganisation

4.5.1.1. Softwarestruktur

Die in einer Einrichtung arbeitende Software bestimmt innerhalb der Randbedingungen, die von der Hardware zugelassen werden, die Funktion der Einrichtung. Beim *Softwareentwurf* sind zwei extreme Wege möglich: Einerseits kann man eine auf den speziellen Anwendungsfall zugeschnittene Spezialsoftware anstreben; andererseits ist der Einsatz einer verallgemeinerten Software denkbar, die sowohl auf das Aufgabenspektrum eines Einrichtungstyps als auch auf den speziellen Einsatzfall anpaßbar ist. Die Spezialsoftware hätte den Nachteil, daß sie für jedes Objekt neu anzufertigen wäre. Neben dem Erarbeitungsaufwand ist die Fehlerwahrscheinlichkeit hoch; denn neue Programme besitzen neue Fehler. Der Nachteil einer allgemeinen Software liegt auf der anderen Seite darin, daß im konkreten Anwendungsfall nur ein Teil ihrer Funktionen genutzt wird. Der Rest belegt unnötig viel Speicherplatz. Außerdem bedingt das Ziel, alle Anwendungfälle erfassen zu müssen, daß die interne Organisation sehr aufwendig und damit speicher- und rechenzeitintensiv wird.

Aus diesen Gründen ist die Software mikrorechnerorientierter Automatisierungssysteme so gestaltet, daß immer wiederkehrende Grundfunktionen einrichtungsspezifisch festgeschrieben werden. Für objektabhängige Funktionen werden Softwarebausteine entwickelt, die einen überschaubaren, abgegrenzten Funktionsumfang besitzen. Erst durch ihre Verknüpfung entsteht eine komplexe Verarbeitungsfunktion. Diese Softwarebausteine bilden zusammen mit den Programmen, die die Grundfunktionen realisieren, die Standardsoftware.

Die *objektabhängige Software* besteht aus folgenden Teilkomplexen:

Ein Satz von Parametern paßt die Grundfunktionen an den Einsatzfall an. Diese beschreiben bzw. steuern unter anderem die Hardwarekonfiguration der Einrichtung selbst sowie ihre Stellung im Verbundsystem der Automatisierungsanlage. Außerdem legen sie den Rahmen für Art und Umfang der Verarbeitungsfunktionen der Einrichtung fest.

Der zweite Teilkomplex umfaßt die Software zur Realisierung der Automatisierungsfunktionen. Die dazu notwendigen Verarbeitungsfunktionen werden aus den Softwarebausteinen zusammengesetzt. Die Anpassung der Softwarebausteine an ihre einsatzspezifische Funktion in einer aktuellen Verarbeitungsstruktur erfolgt durch spezielle Verarbeitungsparameter (Kennwerte).

4.5.1.2. Speichermedium für die Einrichtungssoftware

Einen wesentlichen Einfluß auf die Handhabbarkeit der Einrichtungssoftware hat die Wahl des Speichermediums. Alle Informationen, d. h. sowohl Programme als auch Daten, die auf Festwertspeichern (EPROM) gespeichert werden, sind unveränderlich. Sie können im laufenden Betrieb nicht verändert werden, sind aber auch gegen Überschreiben oder Informationsverlust bei Spannungsausfall geschützt. Die auf Schreib-Lese-Speichern (RAM) abgelegten Daten sind demgegenüber im laufenden Betrieb änderbar. Zur Sicherung ihres Inhalts bei Spannungsausfällen müssen jedoch zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden (vgl. Stromversorgung, Abschnitte 4.2.3. und 4.3.1.2.).

Aufgrund dieser Eigenschaften der einsetzbaren Speichertechnik wird in Automatisierungssystemen die Standardsoftware und der die Grundfunktionen steuernde Datensatz auf EPROM abgelegt. Außerdem werden auf EPROM solche objektspezifischen Daten gespeichert, die im laufenden Rechnerbetrieb nicht änderbar sein müssen, da ihre Modifikation nur im Zusammenhang mit Hardwareänderungen sinnvoll ist. Die genannten Teile der Einrichtungssoftware bilden die Firmware, die vom Hersteller auf die EPROM-Schaltkreise programmiert wird (Bild 4.91). Der übrige Teil der objektabhängigen Software wird auf RAM-Speichern abgelegt. Damit sind sowohl Verarbeitungsparameter als auch Strukturen bei laufendem Rechner änderbar, so daß jede Automatisierungsfunktion bei Inbetriebsetzung der Auto-

matisierungsanlage oder Änderung der technologischen Anlage modifiziert werden kann. Im Rahmen der Hardwarekonfiguration und der Firmware ist auch die Erweiterung der Einrichtungsfunktionen durch neue Verarbeitungsfunktionen möglich.

EPROM-Firmware	RAM
Standardsoftware	Arbeitsbereich Firmware
	objektabhängige ● Verarbeitungsstruktur ● Verarbeitungsparameter
objektspezifische Firmware	
konfigurationsabhängige Steuerdaten	

Bild 4.91. Softwarestruktur von audatec-Einrichtungen

4.5.1.3. Standardsoftware

Die Standardsoftware der Einrichtungen des Automatisierungsanlagensystems *audatec* ist auf den Aufgabenumfang jedes Einrichtungstyps speziell ausgerichtet. Für jeden Typ existiert ein Programmpaket, das folgende *Grundfunktionen* abdeckt:

Programmablaufsteuerung
Zeitsteuerung
Datenübertragung (Datenbahnbedienung)
Anlauforganisation
Eigenüberwachung.

Diese werden durch einrichtungsspezifische Grundfunktionen ergänzt:

Bedienung der Prozeßperipherie
Bedienung der Datenverarbeitungsperipherie.

Die Struktur der Standardsoftware, besonders ihre Modularität, ist davon abgeleitet, wie stark die Verarbeitungsfunktion des Einrichtungstyps von den Gegebenheiten der möglichen Einsatzfälle abhängig ist. Unter Beachtung der im Abschnitt 4.1.4. genannten Funktionen ergeben sich folgende Merkmale:

Die Datenbahnsteuerstation hat eine objektunabhängige Software. Die Verarbeitungsfunktion kann durch einen wenig umfangreichen Parametersatz eindeutig angepaßt werden. Gleiches gilt für die Koppeleinheit Wartenrechner. Die Software des Bedienpults realisiert die Mensch-Maschine-Kommunikation, die in ihren Funktionen festgelegt ist. Die notwendigerweise problemorientierten Informationsausgabe- und Bedieneingriffmöglichkeiten bedingen, daß der Bezug zu internen Informationen über objektspezifische Korrespondenztabellen und Wörterbücher hergestellt wird. Diese stellen praktisch die objektabhängigen Parameter für die standardisierte Verarbeitungsfunktion des Pultsteuerrechners dar. Die Objektabhängigkeit der Software in den Basissteuereinheiten und Reserve-Basissteuereinheiten ist am größten, da sie sich nicht nur auf die Verarbeitungsparameter, sondern auch auf die Verarbeitungsstruktur auswirkt. Dem wird dadurch entsprochen, daß im Gegensatz zu den erstgenannten Einrichtungen in der Standardsoftware ein Satz von Softwarebausteinen und keine kompletten Verarbeitungsfunktionen angeboten werden.

4.5.1.4. Datenverteilung im System

In der gesamten Anlage werden die objektabhängigen auf RAM gespeicherten Daten sowie die prozeßabhängigen Informationen aus Gründen der Widerspruchsfreiheit nur einmal abgelegt. Bei der Bereitstellung der Daten zur Verarbeitung gilt das *Holeprinzip:* Jede Masterstation im System muß die benötigten Daten aus den anderen Einheiten abfordern. Das Holeprinzip wird dadurch unterstützt, daß häufig zu übertragende Daten in fest strukturierten Datenfeldern stehen, auf die mit speziellen Datenbereitstellungs- und/oder Datenverteilungsprogrammen zugegriffen wird. Der Zeitaufwand für die Übertragung wird zusätzlich dadurch minimiert, daß diese Datenfelder vorverarbeitete Informationen enthalten.

Objektabhängige Daten werden aus Gründen des schnelleren Datenzugriffs nur dann in mehreren Einheiten parallel geführt, wenn es sich um Informationen handelt, die die Systemfunktion nicht wesentlich bestimmen, z. B. Zuordnung von Meßstellen zu Gruppen.

4.5.1.5. Strukturierung der objektabhängigen Software

Unter *Strukturierung* wird im System *audatec* die Festlegung aller objektabhängigen Daten einer Einrichtung verstanden.

Die Strukturierung wird unterstützt durch einen Strukturierarbeitsplatz, auf dem die Eingabe der objektabhängigen Informationen problemorientiert im Dialogbetrieb möglich ist. Der Strukturierarbeitsplatz liefert sowohl die auf EPROM abgespeicherten objektabhängigen Firmwareteile als auch die auf RAM abgelegten Verarbeitungsstrukturen sowie deren Parameter.

4.5.2. Software der Basissteuereinheit

4.5.2.1. Softwarestruktur

Das Betriebssystem der Basissteuereinheit leistet einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung der Automatisierungsaufgaben der prozeßnahen Ebene. Zu diesen Aufgaben zählen

Informationsgewinnung
Informationsverarbeitung
Informationsübergabe zur Datenbahn
Ausgabe von Signalen an den Prozeß.

Beim Einsatz der Basissteuereinheit in autonomen Automatisierungseinrichtungen sind diese noch um die Bedien- und Anzeigefunktionen ergänzt.

Für die verschiedenen Einsatzvarianten der Basissteuereinheit in autonomen Automatisierungseinrichtungen und in Klein- bzw. Großverbundanlagen existieren festgenerierte Betriebssysteme, d. h., die Komponenten des Betriebssystems werden nicht objektabhängig zusammengefügt. Die Betriebssystembausteine wurden so gestaltet, daß möglichst viele Komponenten in den verschiedenen Einsatzvarianten der Basissteuereinheit einheitlich sind und damit auch bei Weiterentwicklung des Systems einen geringen Änderungsaufwand erfordern (s. Abschn. 4.5.1.1.).

Die Software der Basissteuereinheit ist so aufgebaut, daß für den Einsatz der Einrichtung keine speziellen Softwarekenntnisse notwendig sind. Das ist durch die Bereitstellung einfacher und klarer Schnittstellen möglich. Im Rahmen dieser Schnittstellen ist auch eine objektabhängige Erweiterung des Softwaresystems gesichert.

Die Anpassung des Betriebssystems an die objektspezifischen Anforderungen geschieht über Datenlisten, die im Projektierungsprozeß über den Strukturierarbeitsplatz gewonnen werden. Ausgangspunkt für die Eingabe am Strukturierarbeitsplatz sind Strukturpläne, die die Signalverknüpfung zwischen den Softwarebausteinen und die Belegung der Eingangs- und Ausgangskanäle enthalten.

Die Komponenten des Betriebssystems sind in der Basissteuereinheit auf Festwertspeichern (EPROM-Schaltkreisen) abgelegt. Die zur Anpassung an das Objekt erforderlichen Datenlisten werden auf Schreib/Lese-Speicher (RAM-Schaltkreise) eingeschrieben und sind z. T. auf Festwertspeichern abgelegt. Dadurch, daß ein großer Anteil der Datenlisten auf RAM-Schaltkreisen eingeschrieben wird, besteht auch noch während der Inbetriebnahme und des Betreibens der Anlage die Möglichkeit, Veränderungen in der Struktur und in den Parametern auf einfache Weise über Systemkommunikation vorzunehmen.

Die objektspezifischen Informationen für die RAM-Schaltkreise werden bei Klein- und Großverbundanlagen vom Bedienpult über die Datenbahn in die Basissteuereinheit übertragen. Bei Einsatz der Basissteuereinheit in autonomen Automatisierungseinrichtungen werden bei Erstanlauf die objektspezifischen Datenlisten von Festwertspeichern (EPROM) auf die RAM-Schaltkreise eingeschrieben.

Betriebssystemkern

(EPROM)

Anlaufroutine
Steuerprogramm
Prozeßsignalein-/ -ausgabesteuerung
Datenübertragungssteuerung
Unterprogrammbibliothek
Basismodule (Verarbeitungsprogramme)
Routinen zur Eigenüberwachung der Basissteuereinheit
Bedienprogramme für Einsatz der Basissteuereinheit in autonomen Automatisierungseinrichtungen

Objektspezifische Anpassung/Erweiterung

Datenlisten

EPROM

Objektspezifischer Datenblock
Beschreibung der Prozeßsignalein-/ -ausgabebaugruppenkonfiguration

RAM

Beschreibung der · Kommunikationsdaten · Verarbeitungsstruktur · Einstellparameter

Objektspezifische Programme

EPROM

Sonderbasismodule (Verarbeitungsprogramme)

Bild 4.92. Komponenten des Betriebssystems der Basissteuereinheit

Bild 4.92 zeigt die wesentlichen Komponenten des Basissteuereinheitenbetriebssystems, die in den folgenden Abschnitten vorgestellt werden.

Für die weiteren Erläuterungen zum Basissteuereinheitensoftwaresystems sind die Begriffe

Basissoftwaremodul
Basismodulaufrufblock
Verarbeitungskette
Kommunikationsblock
interne Meßstellennummer

von grundlegender Bedeutung.

Unter einem Basissoftwaremodul, im weiteren als *Basismodul* bezeichnet, versteht man die kleinste Softwareeinheit für die Signalverarbeitung, auf die der Projektant zurückgreifen kann. Aus der Kombination mehrerer Grundfunktionen wird das objektspezifische Verhalten zusammengesetzt. Die Festlegung des Standardsatzes von Basismodulen erfolgte auf der Grundlage einer Analyse von in Aufgabenstellungen zur Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse häufig wiederkehrender Funktionen.

Zur Versorgung der Basismodule mit aktuellen Daten dient der *Basismodulaufrufblock.* In ihm sind Informationen zur Signalverknüpfung, Einstellparameter und Organisationsdaten zur Verkopplung des Basismoduls mit den übrigen Komponenten des Betriebssystems enthalten.

Als *Verarbeitungskette* bezeichnet man das Zusammenstellen von Basismodulfunktionen zum geforderten Verhalten für eine Kommunikationsstelle. Die Realisierung erfolgt über das Aneinanderreihen von Basismodulaufrufen. Jede Kette ist einem Kommunikationsblock fest zuzuordnen. Bild 4.93 veranschaulicht den Aufbau von Verarbeitungsketten.

Der *Kommunikationsblock* bildet eine zentrale Datenschnittstelle im Basissteuereinheitenbetriebssystem. In ihm sind Informationen zur Prozeßkommunikation enthalten, d. h. zur Prozeßführung eines technologischen Abschnitts der Anlage. Für jede Kommunikationsstelle existiert ein Kommunikationsblock. Zur Anpassung an die speziellen Forderungen der Pro-

Basismodule
EPROM

Verarbeitungskette
RAM

Basismodul x
Beschreibung des Basismodulaufrufes und vorbesetzte Werte
Verarbeitungsfunktion

Basismodul y
Beschreibung des Basismodulaufrufes und vorbesetzte Werte
Verarbeitungsfunktion

Aufruf des Basismoduls x
aktuelle Strukturdaten und Einstellwerte

Aufruf des Basismoduls y
aktuelle Strukturdaten und Einstellwerte

Aufruf des Basismoduls x
aktuelle Strukturdaten und Einstellwerte

Bild 4.93. Realisierung von Verarbeitungsketten der Software

zeßkommunikation stehen verschiedene Kommunikationsblocktypen zur Auswahl. Zu jedem Typ gehört eine entsprechende bildliche Darstellung der Informationen und Bedienstrategie.

Jedem Kommunikationsblock und damit auch jeder Verarbeitungskette ist bei der Strukturierung der Basissteuereinheit eine *interne Meßstellennummer* zuzuordnen. Diese interne Meßstellennummer (0 bis 254) bestimmt die Priorität in der Reihe der Verarbeitungsketten. Die Priorität steigt mit abnehmender interner Meßstellennummer (IMEN).

4.5.2.2. Steuerprogramm

Das Steuerprogramm wirkt in der Basissteuereinheit als Koordinator zwischen den verschiedenen Komponenten des Betriebssystems. Im Bild 4.94 werden die grundlegenden Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Betriebssystembausteinen und der prinzipielle Ablauf ge-

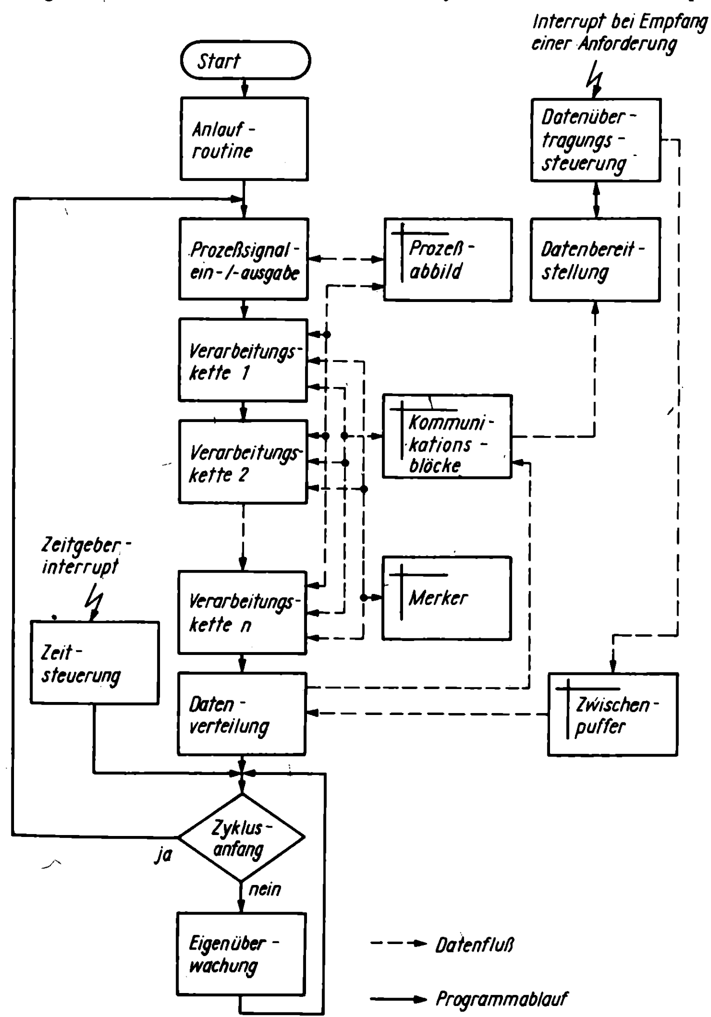


Bild 4.94. Programmablauf und Datenfluß in der Basissteuereinheit

zeigt. Die Hauptaufgabe des Steuerprogramms besteht in der Zeit- und Ablauforganisation der Verarbeitungsprogramme. Zur Realisierung dieser Funktion bildet ein Takt von $^1/_3$ s die Zeitbasis. In diesem Grundtakt sind durch das Steuerprogramm die Erfassung der Prozeßsignale, die Ausgabe der Stellbefehle und bestimmte Routinen zur Datenübertragung fest eingeordnet.

Für die Verarbeitungsketten stehen die Tastzeiten

T1 = Grundtakt GT
T2 = F1 ✱ GT und
T3 = F2 ✱ F1 ✱ GT

zur Auswahl, wobei die Faktoren F1, F2 ganzzahlig sind (F1: 1 ... 255, F1 ✱ F2 ≦ 255). Damit ist zum einen eine Anpassung an die dynamischen Forderungen der technologsichen Anlage möglich, und zum anderen wird eine optimale zeitliche Belastung der Basissteuereinheit gesichert. Die Faktoren F1 und F2 werden bei der Strukturierung der Basissteuereinheit festgelegt und sind bei der Inbetriebsetzung über Systemkommunikation nicht änderbar. Die Zuordnung der Verarbeitungsketten zu den Tastzeiten T1, T2 und T3 kann jedoch bei Inbetriebsetzung verändert werden.

Das Steuerprogramm ordnet die Verarbeitungsketten nach folgenden Gesichtspunkten in die verschiedenen Zyklen ein:

1. In jedem Takt werden zuerst die Verarbeitungsketten mit $^1/_3$ s Tastzeit abgearbeitet. Die Prioritätssteuerung geschieht entsprechend der zur Verarbeitungskette zugewiesenen internen Meßstellennummer, d. h., Verarbeitungsketten mit niedriger IMEN werden vor denen mit höherer abgearbeitet. Der nach Abarbeitung der Verarbeitungsketten mit $^1/_3$ s Tastzeit freie Zeitfonds steht für Verarbeitungsketten mit höheren Tastzeiten zur Verfügung.
2. Verarbeitungsketten werden nur gestartet, wenn der im aktuellen Takt zur Verfügung stehende Zeitfonds für die vollständige Abarbeitung ausreicht.
3. Die Priorität für die Aktivierung der Verarbeitungsketten mit den Tastzeiten T2 und T3 ist so festgelegt, daß zunächst die Ketten mit der Tastzeit T2 gestartet werden. Innerhalb der Ketten mit gleicher Tastzeit gilt wieder die Aussage nach Punkt 1.

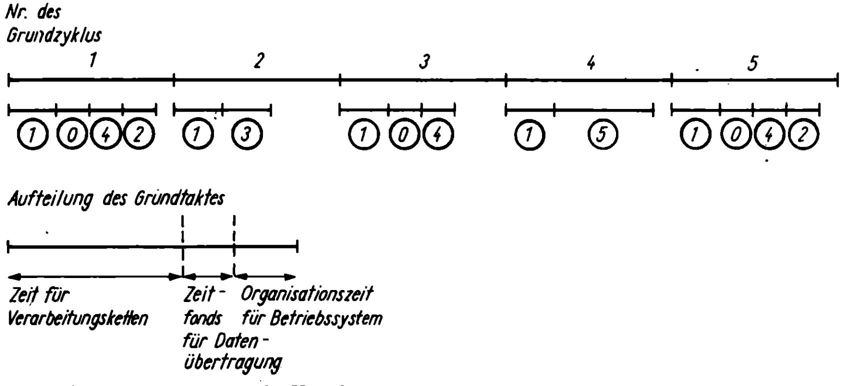


Bild 4.95. Zeitorganisation der Verarbeitungsketten

Beispiel

Interne Meßstellennummer der Verarbeitungskette	Zykluszeit (Vielfaches des Grundtakts)
0	2
1	1
2	4
3	4
4	2
5	4

Können Verarbeitungsketten mit niedriger Priorität nicht gestartet werden, wird die zeitliche Überlastung der Basissteuereinheit gemeldet. Die durch „Softwareausfall" betroffenen Kommunikationsstellen werden am Farbmonitor des Bedienpults mit Cyan GST angezeigt (s. Abschn. 7.1.2.). In solchen Fällen ist eine neue Zuordnung der Verarbeitungsketten in die Tastzeiten T1, T2 und T3 erforderlich.

Zur Verdeutlichung der *Zeitorganisation* für die Verarbeitungsketten soll das im Bild 4.95 dargestellte Beispiel dienen.

Am Ende jeder Verarbeitungskette wird die Statusaufbereitung für die zugehörige Kommunikationsstelle aktiviert. Spezielle Basismodule können Meldungen über den Zustand einer Kommunikationsstelle absetzen. Die Statusaufbereitung verdichtet diese Meldungen entsprechend ihrer Priorität und übergibt sie an das Alarmsystem. Es werden grundsätzlich nur Änderungen von Zuständen alarmiert. In der Basissteuereinheit steht ein Datenpuffer zur Zwischenspeicherung der Meldungen zur Verfügung. Die Meldungen werden auf Anforderung vom Bedienpult über die Datenbahn zur Wartenebene übertragen.

Für ausgewählte analoge Kommunikationsstellen (maximal 31 je Basissteuereinheit) kann ein *Trendspeicher* angelegt werden, der die letzten 60 Vergangenheitswerte der Istgröße enthält. Der zeitliche Abstand zwischen zwei benachbarten Signalwerten ist für jede Kommunikationsstelle getrennt einstellbar (1 s bis 1 h)

Werden während der Inbetriebsetzung der Basissteuereinheit über Systemkommunikation Veränderungen in der Signalverknüpfung bzw. in der Anordnung der Basismodulaufrufe vorgenommen, so ist nur die betroffene Verarbeitungskette auszuschalten. Die übrigen Funktionen bleiben unbeeinflußt. Das Ausschalten einer Verarbeitungskette bedeutet, daß die zugehörigen Funktionen nicht neu berechnet werden. Auf die zeitliche Eintaktung der Verarbeitungsketten macht sich das Ausschalten einer Kommunikationsstelle nicht bemerkbar, wodurch die Äquidistanz zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Berechnungen gesichert ist.

Die Betriebssystembausteine zur Steuerung der Prozeßsignaleingabe und -ausgabe werden zyklisch im Grundtakt von $^1/_3$ s gestartet. Die Konfiguration der Basissteuereinheit bezüglich Prozeßsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen ist objektabhängig. Über eine Datenliste werden dem Betriebssystem die spezielle Konfiguration sowie die Betriebsweisen der verschiedenen Baugruppen zugewiesen. Diese Datenliste entsteht in der Projektierungsphase und wird vom Strukturierarbeitsplatz nach Eingabe der Baugruppenkonfiguration bereitgestellt. Die zugehörigen Daten werden auf EPROM-Schaltkreisen in der Basissteuereinheit abgelegt. Somit stehen bei Erstanlauf der Einheit die Informationen zur Verfügung, und es können sofort definierte Ausgangssignale an den Prozeß gegeben werden.

Das Betriebssystem der Basissteuereinheit unterstützt den Einsatz folgender Baugruppen des Systems *ursadat 5000* des VEB Kombinat Elektro-Apparate-Werke Treptow:

Analogeingabegrundkarte (AE-G)/Expanderkarten (AE-E)/Anpaßkarten (AE-AG, AE-PG)
Analogausgabe (AA-1K, AA-5K)
Binäreingabe (DES, DES-KT), Zyklus- und Interruptbetrieb
Binärausgabe (DAR, DAO, DAS-H, DAT, DAS-KT), statisch/dynamisch
Impulseingabe (UIZ), Zähler/Frequenzmesser
Impulsausgabe (IA).

Die Bausteine des Betriebssystems zur Prozeßsignaleingabe und -ausgabesteuerung schreiben bei der Eingabe die erfaßten und umgesetzten Rohsignale in Schreib/Lese-Speicher ein (Prozeßabbildeingabe) bzw. bei der Ausgabe werden Informationen aus dem Schreib/Lese-Speicher (Prozeßabbildausgabe) gelesen, umgesetzt und an den Prozeß ausgegeben. Die Datenspeicher des Prozeßabbilds sind so organisiert, daß für jeden Grundtyp von Prozeßsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen ein gesonderter Abschnitt reserviert wird. Werden mehrere Baugruppen des gleichen Grundtyps in einer Basissteuereinheit eingesetzt, erfolgt eine Numerierung entsprechend der Reihenfolge bei der Eingabe der Konfiguration in den Strukturierar-

beitsplatz. Damit ist eine eindeutige Zuordnung zwischen der Signalbezeichnung, Teilabschnitt des Prozeßabbilds und Baugruppe gesichert.

Beispiel: Signalbezeichnung AA5 4.3, d. h. vierte Analogausgabebaugruppe (AA-5K), Kanal-Nr. 3.

Das Betriebssystem kann jeweils eines der folgenden *Betriebsregime der Basissteuereinheit* aktivieren:

Off-O-Zustand. Dieses Betriebsregime ist der Grundzustand der Basissteuereinheit. Es wird bei Erstanlauf in Klein- und Großverbundanlagen eingenommen. Dabei werden einmalig an den technologischen Prozeß definierte Stellbefehle ausgegeben. Im Off-O-Zustand erfolgt keine Prozeßsignaleingabe. Die Prozeßkommunikation ist mit der Basissteuereinheit gesperrt. Eine Bedienung der Einrichtung kann nur über Systemkommunikation erfolgen.

Die objektspezifischen Datenlisten sind in diesem Zustand nicht auf den Schreib/Lese-Speichern enthalten, und damit sind keine Verarbeitungsfunktionen möglich. Das Übertragen der objektspezifischen Datenlisten erfolgt bei Klein- und Großverbundanlagen von den Bedienpulten an die Basissteuereinheit über die serielle Datenbahn.

Off-line-Zustand. In diesem Zustand besteht keine Verkopplung zwischen Ein- und Ausgangssignalen der Basissteuereinheit, da die Verarbeitungsketten nicht aktiviert sind. Die im Prozeßabbild/Teil Ausgabe eingetragenen Signalwerte werden an den Prozeß ausgegeben. Zyklisch erfolgt im Grundtakt die Erfassung der Prozeßsignale.

In diesem Zustand können über Systemkommunikation die Funktionen der Prozeßsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen kontrolliert werden.

On-line-Zustand. Dieser Zustand stellt die Normalbetriebsphase der Basissteuereinheit in der Automatisierungsanlage dar. Die Prozeßsignale werden zyklisch im Grundtakt erfaßt. Alle Verarbeitungsketten sind aktiviert, und die berechneten Signale werden als Stellgrößen an die technologische Anlage ausgegeben. Die Prozeß- und Systemkommunikation vom Bedienpult mit der Basissteuereinheit ist in vollem Umfang möglich.

Die verschiedenen Betriebsregime lassen sich über Systemkommunikation einstellen. Bei der Einsatzvariante in autonomen Automatisierungseinrichtungen kann bei Erstanlauf der Basissteuereinheit nach Umspeichern der objektspezifischen Daten von EPROM- auf RAM-Schaltkreise automatisch der On-line-Zustand eingenommen werden. Bei Wiederanlauf der Basissteuereinheit wird unabhängig von der Einsatzvariante immer das Betriebsregime eingenommen, das auch bei Netzausfall vorlag.

4.5.2.3. Basismodule

Die Basismodule sind die Grundelemente des Betriebssystems, aus denen durch geeignete Kombination das objektspezifische Verhalten für eine Kommunikationsstelle zusammengefügt wird. Ihre Schnittstellen sind so gestaltet, daß sie dem Projektanten oder späteren Betreiber der Anlage einem Gerät möglichst ähnlich erscheinen. Die Basismodule verfügen über einen oder mehrere Eingänge und Parameter. Über eine Funktion werden daraus ein oder

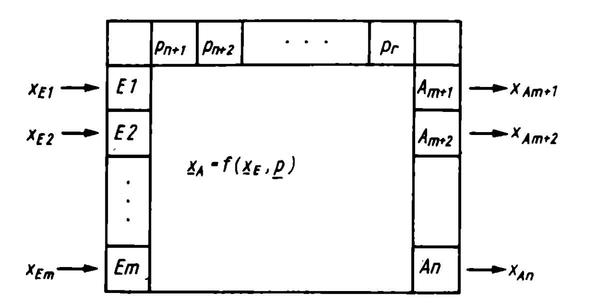


Bild 4.96. Grundstruktur eines Basismoduls

mehrere Ausgangssignale gebildet. Bild 4.96 veranschaulicht die Grundstruktur eines Basismoduls.

Die Versorgung des Basismoduls mit aktuellen Strukturdaten und Einstellparametern erfolgt über den Basismodulaufrufblock. Dazu gehören Informationen über die Eingänge x_E und die Ausgänge x_A sowie über die Parameterwerte p. Außerdem sind dort Daten zur Organisation der Folge von Basismodulaufrufen innerhalb der Verarbeitungskette und Meldungen über Fehler bei der Funktionsberechnung (z. B. Begrenzung erreicht, falsche Parameterwahl) enthalten.

Als *Eingangs- und Ausgangssignale* sind folgende Typen möglich:

digitalisierte Analogsignale
Binärsignale
Zählerwerte
8-Bit-Dualzahlen.

Die Verknüpfung der Ausgänge eines Basismoduls mit den Eingängen weiterer Basismodule muß immer über Merker, Prozeßabbild oder Kommunikationsblöcke erfolgen. Das sind spezielle Datenfelder, die mit Klemmpunkten verglichen werden können. Die vom Prozeß gelieferten Signale werden im Prozeßabbild/Eingabe bereitgestellt. Basismodule, die Stellsignale an den Prozeß liefern sollen, müssen ausgangsseitig mit dem Prozeßabbild/Ausgabe strukturiert werden.

Die Basismodule verfügen zum großen Teil über frei verschaltbare (strukturierbare) Ein- und Ausgänge. Bei speziellen Modulen ist jedoch eine feste Verschaltung günstig und teilweise auch notwendig. Beispiele sind die Basismodule PID-Regler und Grenzwerttest. Der Regler ist fest mit dem Ist- und dem Sollwert des analogen Kommunikationsblocks als Eingangsgrößen verbunden. Beim Grenzwerttest besteht eine feste Verknüpfung zum Istwert sowie den maximal vier Grenzwerten im analogen Kommunikationsblock.

Die Basismodule werden im Betriebssystem über eine Verteilertabelle erreicht. Diese Tabelle enthält die Adressen der Standardbasismodule. Durch reservierte Tabellenplätze ist problemlos das Einfügen von objektspezifischen Verarbeitungfunktionen, die mit dem Standardsatz nicht realisierbar sind, gesichert. Voraussetzung ist, daß die Schnittstellenbedingungen für Basismodule nicht verletzt werden. Grundlegende Schnittstellenbedingungen für Basismodule sind:

a) Das Betriebssystem übergibt im Stack bei Aktivieren des Basismoduls die Anfangsadresse des Parametersatzes im Basismodulaufrufblock.
b) Im IX-Register ist die Anfangsadresse des zur Verarbeitungskette gehörenden Kommunikationsblocks enthalten. Dieser Registerinhalt darf durch das Modul nicht zerstört werden.
c) Im Basismodulaufrufblock sind als Kennwerte Eintragungen in folgender Reihenfolge möglich bzw. erforderlich:

   Fehlerkode
   Adressen der Eingangssignale
   Adressen der Ausgangssignale
   Parameterwerte
   interne Merker
   2 Byte für Organisation.

Das Basismodul besteht aus Organisationsteil und Verarbeitungsfunktion. Im Organisationsteil werden der Kennwertsatz (Basismodulaufrufblock) beschrieben und über eine feste Befehlsfolge der nächste Basismodulaufrufblock in der Verarbeitungskette erreicht. Die Verarbeitungsfunktion eines Basismoduls bietet sich dem Anwender des Systems durch das Klemmverhalten dar. Für die Anwendung der Basismodule ist die interne Realisierung uninteressant.

Die Module des Standardsatzes sind in folgende Klassen gegliedert:

Tafel 4.43. Basismodulstandardsatz

Klasse Eingangssignalanpassung	
PVLI	Primärverarbeitung des ADU-Wertes mit linearer Normierung, Exponentialglättung, Überwachung der technischen und technologischen Sinnfälligkeit, Korrektur mit additiven und multiplikativen Parametern
PVNL	wie PVLI, Normierung über Quadratwurzel
PVUN	wie PVLI, Normierung über fünf Stützstellen (0, 25, 50, 75 und 100%)
PVKU	wie PVLI, Normierung über quadratische Funktion
PVIA	Primärverarbeitung von Impulssignalen – Momentanwert
BILA	Primärverarbeitung von Impulssignalen – Bilanzwert
Klasse Signaltransport	
UMBI	Transport eines Binärwerts
UMD1	Transport eines 8-Bit-Dualwerts (eine Quelle, ein Ziel)
U5D1	Transport eines 8-Bit-Dualwerts (eine Quelle, max. fünf Ziele)
UMD2	Transport eines normierten Analogwerts
Klasse Signalverarbeitung	
RGL	PID-Regler
ADDG	Summation von max. vier Signalen
MULG	Multiplikation von zwei Signalen
DIVG	Division von zwei Signalen
ABSG	Absolutwertglied
T1GL	Verzögerungsfunktion (T1-Glied)
DT1G	Verzögertes Differentiationsglied
INTR	Integrator
POLY	Polygonzugbaustein (sieben Stützstellen)
GMKO	Berechnung des Gasmengenkorrekturfaktors
FMKO	Berechnung des Flüssigkeitsmengenkorrekturfaktors
LIKO	Signalkorrektur über Geradengleichung
BEGR	Signalbegrenzung (obere und untere Schranke)
SHLT	Analogwertumschalter
KOMP	Komparator
UND	UND–Funktion von max. vier Binärsignalen
ODER	ODER–Funktion von max. vier Binärsignalen
ABFV	Abfallverzögerung
ANZG	Anzugsverzögerung
RSDL	RS–Flipflop, dominierend Rücksetzen
RSDS	RS–Flipflop, dominierend Setzen
STRA	Steuerungsrahmenmodul für Notation in Steuersprache
Klasse Ausgangssignalanpassung	
STA1	stetige Ansteuerung über Analogausgabe 1kanalig
STA5	stetige Ansteuerung über Analogausgabe 5kanalig
STAU	unstetige Ansteuerung über Binärsignale
STIL	unstetige Ansteuerung über Impulslängensignale
Klasse Signalmeldung	
PVBI	Alarmbildung für binären Kommunikationsblock
PVBG	Alarmbildung für binären Geber-Kommunikationsblock
PSTM	Alarmbildung in Abhängigkeit von einem Binärwert
GWT	Grenzwertüberwachung der Istgröße
BUUM	Back-up-Umschaltung
Klasse Parameterkorrektur	
FERN	Parameterverstellung in Abhängigkeit von einem Signal

Eingangssignalanpassung. Basismodule mit speziellem Zugriff zum Prozeßabbild als Eingangssignal. Primärverarbeitung der Rohwerte der Prozeßsignaleingabebaugruppen.
Signaltransport. Basismodule zum Verteilen von Binär-, Zähler- und Analogsignalen auf Merker, Kommunikationsblöcke und Prozeßabbild.
Signalverarbeitung. Basismodule zur Verarbeitung von aufbereiteten Analog-, Binär-, Zähler- und Impulssignalen.
Ausgangssignalanpassung. Basismodule mit speziellem Zugriff zum Prozeßabbild als Ausgangssignal.
Signalmeldung. Basismodule zum Eintragen von Prozeßmeldungen in das Alarmsystem und Back-up-Umschaltung.
Parameterkorrektur. Basismodule zur Beeinflussung der Parameter in Basismodulaufrufblöcken in Abhängigkeit von Signalwerten.

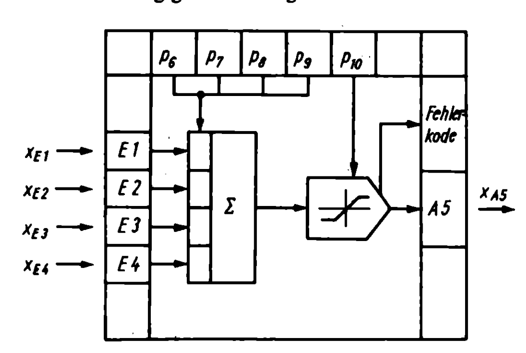


Bild 4.97. Basismodul ADDG

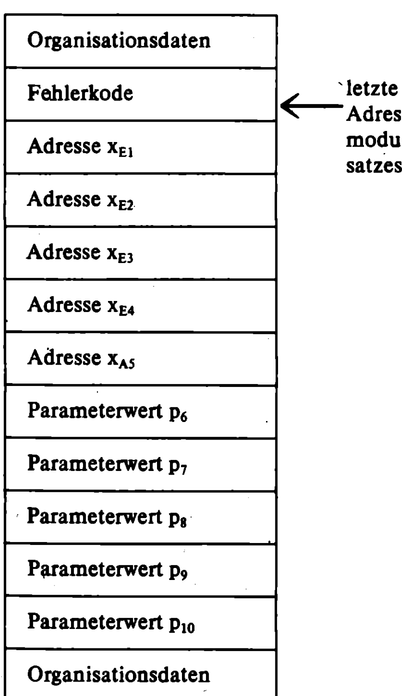


Bild 4.98. Basismodulaufrufblock ADDG

Tafel 4.43 gibt einen Überblick über den in der Basissteuereinheit enthaltenen *Standardmodulsatz.*

Am Beispiel der Signalsummation (Basismodul ADDG) sollen die obengenannten Aussagen veranschaulicht werden. Das Klemmverhalten des Moduls ist im Bild 4.97 dargestellt. Die Signalsummation erfolgt nach der Funktion

$$x_A = p_6 * x_{E1} + p_7 * x_{E2} + p_8 * x_{E3} + p_9 * x_{E4},$$

wobei das Ausgangssignal begrenzt wird. Die Begrenzung ist in Abhängigkeit des Wertes von p_{10} auf den Signalbereich 0 bis 0,9999 oder − 0,9999 bis 0,9999 wirksam.
Wie das Basismodul beim Aufruf mit den aktuellen Strukturdaten und Einstellparametern versorgt wird, zeigt Bild 4.98.

4.5.2.4. Datenbereitstellung und -verteilung

Eine wichtige Position im Betriebssystem der Basissteuereinheit nehmen die Programmbausteine zur Datenübertragungsorganisation ein. Sie realisieren den Informationsaustausch zu übergeordneten Einrichtungen. Bei Einsatz der Basissteuereinheit in autonomen Automatisierungseinrichtungen erfolgt die Informationsübertragung zum Master über eine parallele Schnittstelle (PIO-Kopplung). In Klein- und Großverbundanlagen werden die Informationen über die serielle Datenbahn übertragen. Bei der Konzipierung der Datenübertragungsprogramme wurde wieder von dem Aspekt einer möglichst weitgehenden Übereinstimmung bei den verschiedenen Einsatzvarianten der Basissteuereinheit ausgegangen. So bestehen nur Unterschiede in den Treiberprogrammen für die Schnittstellen.

Die Basissteuereinheit wirkt im System *audatec* stets als Slave. Sie reagiert auf die Datenübertragungsprozeduren (s. Abschn. 4.1.5.):

Schreiben
Lesen
Schreiben/Lesen
Stationsabfrage.

Wie auch aus Bild 4.94 hervorgeht, werden die Routinen zur Datenübertragungsorganisation ereignisorientiert gestartet. Wenn ein Telegramm eintrifft, wird der normale Ablauf des Betriebssystems unterbrochen und die Auswertung der Anforderung begonnen. Von der Basissteuereinheit geforderte Informationen schreiben die Routinen in den Sendepuffer ein. Je nach Datenübertragungsprozedur erfolgt die weitere Verarbeitung.

Daten, die in die Listen der Basissteuereinheit eingetragen werden sollen, werden erst am Ende der Verarbeitungsketten im aktuellen Zyklus in die Zielbereiche übernommen.

Um eine zeitliche Überlastung der Basissteuereinheit zu verhindern, wird der Fonds für Datenübertragungsroutinen je Grundtakt begrenzt. Trifft nach Erreichen dieser Grenze eine neue Forderung ein, wird sie abgelehnt. Ausgenommen ist dabei Stationsabfrage. Begonnene Prozeduren werden bei Erreichen der Zeitgrenze grundsätzlich fortgesetzt.

Um ein Fehlverhalten der Basissteuereinheit durch verfälschte Telegramme möglichst auszuschließen, erfolgt die *Prüfung* auf zwei Wegen:

a) formale Prüfung des Telegramms auf Vollständigkeit der Informationen (Bilden des zyklischen Kodes/CRC)
b) inhaltliche Prüfung der Daten. Durch Vermeiden von absoluten Adressierungen, insbesondere bei Prozeßkommunikation, ist ein weitgehender Sinnfälligkeitstest möglich.

Werden auf einem der Wege Fehler erkannt, so unterbleibt die Umsetzung der Forderung. Außerdem wird die normale Quittierung verhindert. Das veranlaßt die übergeordnete Einrichtung zur Wiederholung der Informationsübertragung.

Bei Prozeßkommunikation besteht nur Zugang zu den Kommunikationsblöcken, Trendspeichern und zum Alarmpuffer. Alle anderen Datenlisten sind bei Systemkommunikation zu erreichen. Durch diese strenge Trennung wird die Störanfälligkeit der Basissteuereinheit gegenüber fehlerhaften Informationsübertragungen wesentlich reduziert.

4.5.2.5. Datenstrukturen

In den vorangegangenen Abschnitten wurde bereits auf wesentliche Datenfelder in der Basissteuereinheit Bezug genommen. Diese Datenfelder sollen nun hinsichtlich ihrer Funktion und ihres prinzipiellen Aufbaus näher betrachtet werden.

Kommunikationsblöcke

Funktion: zentrale Schnittstelle zwischen Basissteuereinheit und übergeordneten Einrichtungen zum Austausch von Informationen für Anzeige und Bedienung einer Kommunikationsstelle.

Aufbau: Zur Realisierung der verschiedenen Forderungen an die Prozeßkommunikation stehen vier Kommunikationsblocktypen zur Auswahl, die alle über den gleichen Organisationsteil verfügen. Zum Organisationsteil gehören die Daten
- Tastzeit der zugeordneten Verarbeitungskette
- Betriebsart (z. B. Hand-, Automatikbetrieb)
- Betriebsartenmaske (zulässige Betriebsarten)
- verdichtete Informationen für Übersichtsdarstellung
- Prozeßstatusmeldung (Alarme).

Die Besonderheiten der verschiedenen Typen werden in Tafel 4.44 gegenübergestellt.

Tafel 4.44. Besonderheiten der Kommunikationsblocktypen

Typ	Anwendung	Inhalt
Analoger Kommunikationsblock	Messung Regelung	Istwert Zielwert (Sollwert) vier Grenzwerte Stellwert Rückführwert Dimensionierungskonstante
Binärer Kommunikationsblock	Steuerung Sonderfunktion	drei binäre Zustände für Bedienung und Anzeige vier freie Parameter, die jeweils a) acht Binärzustände b) einen normierten Wert c) einen Gleichkommawert beinhalten können Taktnummer
Binärer Geber Kommunikationsblock	Anzeige von vier Meldungen und Einbindung in Alarmsystem	vier binäre Meldungen mit Alarmfarben
Zähler Kommunikationsblock	Erfassung von Zählvorgängen	Zählwert Voreinstellwert physikalische Einheit

Die Anzahl der Kommunikationsblöcke in der Basissteuereinheit richtet sich nach dem Umfang der zugeordneten Aufgaben für diese Einrichtung und wird durch den zur Verfügung stehenden RAM-Bereich begrenzt. Die Daten der Kommunikationsblöcke werden z. T. bei der Strukturierung der Basissteuereinheit festgelegt, über Bedienung eingetragen oder von Basismodulen über deren Ein- und Ausgänge verändert bzw. ausgewertet. Jeder Verarbeitungskette ist ein Kommunikationsblock zuzuordnen. Sind die anzuzeigenden Daten der Verarbei-

tungskette umfangreicher, als es mit einem Kommunikationsblock möglich ist, können weitere Kommunikationsblöcke zur Bedienung und Anzeige der Funktionen strukturiert werden.

Prozeßabbild

Funktion: Schnittstelle zwischen Treiberprogrammen der Prozeßsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen und den Basismodulen. Enthält Rohwerte bei Eingabe bzw. Stellwerte bei der Ausgabe.

Aufbau: Das Prozeßabbild ist entsprechend den Grundtypen der Prozeßsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen untergliedert. Für jede Baugruppe eines Grundtyps wird ein definierter Speicherbereich reserviert. Der Zugriff erfolgt entsprechend den Angaben
Nr. der Baugruppe dieses Grundtyps
Kanal-Nr.
Bitpositions-Nr. (nur bei binären Ein- und Ausgängen).

Einen Überblick über die verschiedenen Prozeßabbildkomplexe entsprechend den Grundtypen gibt Tafel 4.45.

Tafel 4.45. Prozeßabbildabschnitte entsprechend Grundtyp der Prozeßsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppe

	Kanalzahl	Bitpositionen
Analogeingabe (Anpaßkarte)	8	
Analogausgabe 1kanalig	1	
Analogausgabe 5kanalig	5	
Binäreingabe	4	8
Binäreingabe multiplex	16	8
Binärausgabe	4	8
Impulsausgabe	4	
Impulseingabe	4	

Merkerbereiche

Funktion: Die Merker werden zum Ablegen von binären bzw. analogen Zwischensignalen genutzt. Bei einfachen Messungen und Regelungen kann auf diese Bereiche verzichtet werden, da Prozeßabbild und Kommunikationsblöcke ausreichend Möglichkeiten für die Signalwerte bieten.

Aufbau: Je nach Art des abzulegenden Signals stehen binäre und analoge Merker zur Auswahl. Auf einem analogen Merker kann ein normiertes Signal (Wertebereich −0,9999 bis 0,9999) abgelegt werden.

Tafel 4.46. Signalarten

Signalart	Besonderheit
A/D-Umsetzer-Wert	12 Bit Daten (unipolar) 11 Bit Daten, 1 Bit Vorzeichen
Wert für D/A-Umsetzer	12/8 Bit Daten (unipolar) 11/7 Bit Daten, 1 Bit Vorzeichen
Normierter Analogwert	−0,9999 ... 0,9999
Binärwert	0 oder 1
Impulszahlsignal	Anzahl Impulse/Zeitinformation
Impulslängensignal	Impulslänge/Polarität

Tafel 4.47. Zahlenformate für Parameter der Basismodule

Zahlenformate	Besonderheit
Festkomma	−0,9999 ... 0,9999
Gleitkomma	1/2 Byte Mantisse, 1 Byte Exponent
Binärdarstellung	8 Bit je Parameter
Zählerwerte	positive Zahl, 1 bis 4 Byte
Hexadezimal	Nutzung als Kode 00 ... FF

Zum Abschluß der Betrachtungen zu den Datenstrukturen sollen die Signalarten und Zahlenformate vorgestellt werden, die das Betriebssystem unterstützt. Die Tafeln 4.46 und 4.47 bieten einen Überblick.

Im Betriebssystem der Basissteuereinheit gelten folgende Regeln für die *Signal- und Parameterverknüpfung*:

- Alle analogen Eingangs- und Ausgangssignale von Basismodulen liegen im normierten Bereich −0,9999 bis 0,9999. Die Dimensionierung erfolgt nur für Kommunikationszwecke.
- Zu den Rohwerten von Analog- und Impulssignalen (gewandelte Prozeßsignale) haben nur Basismodule der Klasse Eingangssignalanpassung Zugang.
- Die D/A-Umsetzer-Werte und Informationen für Impulslängensignal dürfen nur durch Basismodule der Klasse Ausgangssignalanpassung gebildet werden.
- Zum Prozeßabbild der Binärsignal-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen können alle Basismodule mit binären Ein- und Ausgängen zugreifen.
- Auf Parameter eines Basismoduls ist ein direkter Zugriff im Rahmen einer Verarbeitungskette nur über Basismodule der Klasse Parameterkorrektur möglich.

4.5.3. Pultsteuerrechner

Die Software des Pultsteuerrechners ist abgestimmt auf die Realisierung der Mensch-Maschine-Kommunikation (s. Abschn. 4.4.). Sie erfolgt im Dialogbetrieb über Funktionstastatur und Farbbildschirm. Außerdem sind einfache Protokollfunktionen objektspezifisch realisierbar. Die Protokollausgabe erfolgt auf Seriendrucker.

4.5.3.1. Softwarestruktur

Die *Standardsoftware* des Pultsteuerrechners umfaßt neben den Programmen für die Grundfunktionen (s. Abschn. 4.5.1.) alle Verarbeitungsfunktionen. Diese sind als Verarbeitungsprogramme konzipiert, die unter der Organisation des Steuerprogramms ablaufen. Die Anpassung der Standardsoftware an die Randbedingungen des speziellen Einsatzfalls erfolgt über Parameter, die im Generierdatensatz abgelegt sind.

Zusätzlich zur Standardsoftware sind Wörterbücher auf EPROM gespeichert, aus denen problemorientierte Meßstellenbezeichnungen und andere objektspezifische Texte zusammengestellt werden. Standardsoftware und Wörterbücher bilden zusammen mit dem Generierdatensatz die *Firmware* des Pultsteuerrechners (Bild 4.99); sie sind nach Inbetriebsetzung des Rechners nicht mehr änderbar.

Der Teil der *objektspezifischen Software*, der die einzelnen Kommunikationsstellen erklärt, den Zusammenhang zwischen der systeminternen Darstellung (und Adresse) und der problemorientierten Darstellung herstellt sowie die objektspezifischen Bildinhalte beschreibt, ist in Datenlisten organisiert, die auf RAM-Speicherbereichen abgelegt sind. Sie müssen nach Inbetriebsetzung des Rechners geladen werden und können über die Funktionen der Systemkommunikation im laufenden Betrieb geändert werden.

EPROM Firmware		RAM
Steuerprogramm		Arbeitsspeicher Firmware
Verarbeitungsprogramme		Datenlisten
Generier-datensatz	Wörterbücher	

Bild 4.99. Softwarestruktur des Pultsteuerrechners

4.5.3.2. Steuerprogramm

Der Pultsteuerrechner kann drei Betriebszustände einnehmen:

Im Off-line-Zustand sind nur Funktionen möglich, die ohne die geladenen objektabhängigen RAM-Informationen ablaufen können, d. h. keine Prozeßkommunikation und keine auf Kommunikationsstellen bezogene Systemkommunikation. Er dient im wesentlichen dazu, daß sich der Pultsteuerrechner nach Inbetriebsetzung in ein laufendes System eingliedern kann. Außerdem wird im Off-line-Zustand die Zeitscheibenüberwachung (s. Abschn. 4.7.3.) nicht wirksam, so daß Testroutinen aktiviert werden können, deren Laufzeit das Zeitlimit überschreitet. – Ein Spezialfall vom Off-line-Zustand ist der Zustand off-0, in den der Pultsteuerrechner bei Neuanlauf kommt. Er bedeutet, daß der RAM-Inhalt nicht geladen ist.

In den On-line-Zustand ist der Pultsteuerrechner aus dem Off-line-Zustand nur bei geladenem RAM-Inhalt umschaltbar. Alle Verarbeitungsprogramme unterliegen im On-line-Zustand der Laufzeitüberwachung.

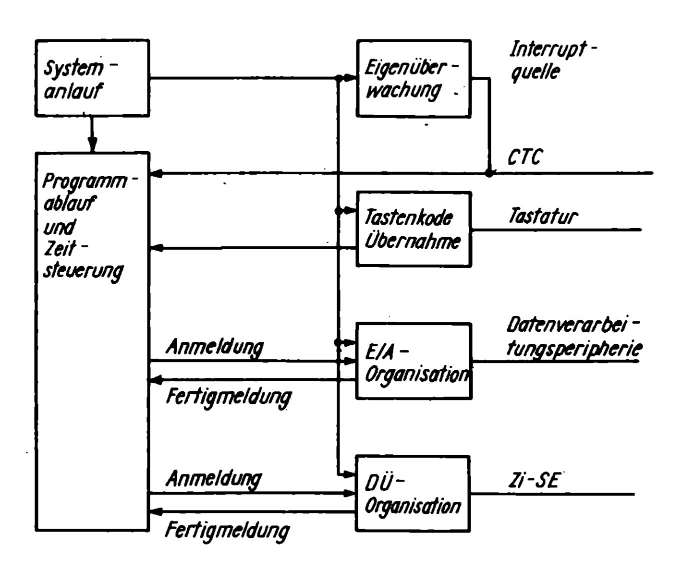


Bild 4.100. Komponenten der Pultsteuerrechnersoftware

Das Steuerprogramm des Pultsteuerrechners ist weitgehend modular aufgebaut. Es besteht aus den im Bild 4.100 genannten Komponenten, die im folgenden erläutert werden sollen. (Die Kopplung zwischen der Eigenüberwachung und allen anderen Komponenten ist im Bild 4.100 nicht dargestellt; s. Abschn. 4.7.3.)

Systemanlauf. Der Rechneranlauf erfolgt nach Netzeinschalten durch RESET. Dabei laufen folgende Funktionen ab:

Speichertest über den gesamten Speicher
Test auf Neu- oder Wiederanlauf
Setzen der Anfangsbelegung der internen Tabellen der Datenübertragung
Initialisierung der Anschlußsteuerungen (Tastatur und ZI-SE)
Ausgabe der Anlaufmeldung über den Bildschirm.

Der Test auf Neu- oder Wiederanlauf basiert auf zwei Kriterien. Für den Wiederanlauf muß erstens der RAM gestützt worden und zweitens ein Sinnfälligkeitstest über die objektabhängigen Listen fehlerfrei verlaufen sein. Anderenfalls wird auf Neuanlauf erkannt. Bei Neuanlauf werden sämtliche Verarbeitungsprogramme abgemeldet, das Tastaturbehandlungsprogramm angemeldet und die Betriebsart off-0 eingestellt.

Bei Wiederanlauf, wird die vor dem Spannungsausfall eingestellte Betriebsart beibehalten.

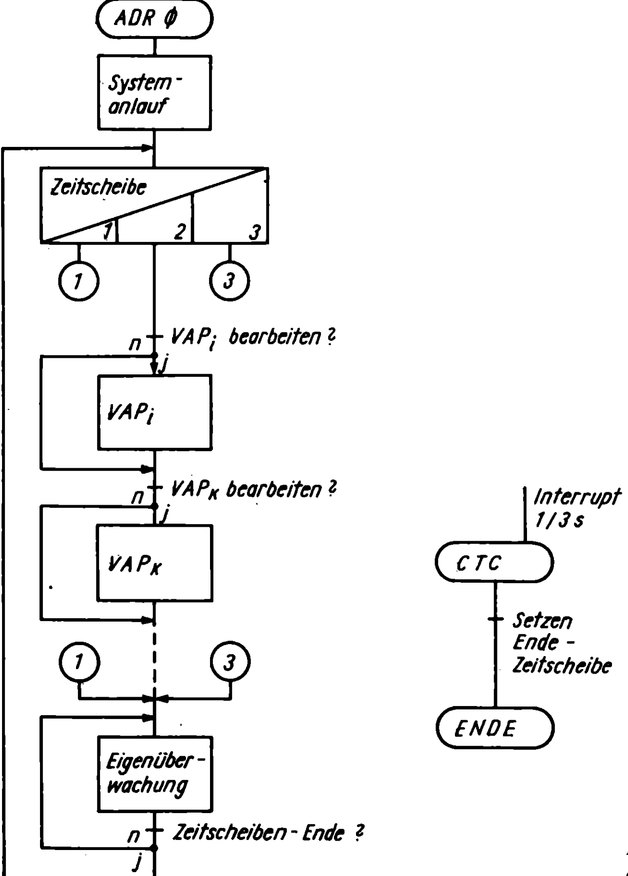


Bild 4.101. Funktionsweise der Programmablaufsteuerung

Verarbeitungsprogramme, die mit Vergangenheitswerten (Puffern) arbeiten, werden zum Neustart bei Wiederanlauf angemeldet, alle anderen abgemeldet.

Programmablauf- und Zeitsteuerung. Das Steuerprogramm arbeitet zyklisch mit einer Zykluszeit von 1 s. Ein Zyklus besteht aus drei Zeitscheiben. Jeder Zeitscheibe sind Verarbeitungsprogramme zugeordnet. Sie werden in einer definierten Reihenfolge bearbeitet, d. h. in Abhängigkeit von ihrem Bearbeitungszustand gestartet. Nachdem alle Verarbeitungsprogramme einer Zeitscheibe bearbeitet sind, werden in einer Schleife Eigentestfunktionen durchgeführt. Diese Warteschleife wird von einem CTC-Interrupt abgebrochen, der den Ablauf für die nächste Zeitscheibe startet (Bild 4.101).

Sämtliche über Interrupt gesteuerten Funktionen – das sind Bedienung der Datenverarbeitungsperipherie, Datenübertragung und Tastenkodeübernahme – laufen unabhängig von der Ablaufsteuerung ab. Sie beeinflussen den Programmablauf lediglich über die Fertigmeldung der betreffenden Funktion. Durch diese Arbeitsweise ergeben sich folgende Merkmale für die Programmablaufsteuerung:

Es existiert kein Vorrangsystem.

Die Verarbeitungsprogramme können sich gegenseitig nicht unterbrechen; die Unterbrechung eines Verarbeitungsprogramms wird in diesem selbst bestimmt durch den Aufruf einer Datenaustauschoperation.

Die Zuweisung eines Verarbeitungsprogramms zu einer bestimmten Zeitscheibe erfolgt über eine Programmfolgeliste, in der die Programmnummern der zu bearbeitenden Verarbeitungsprogramme in der Abarbeitungsreihenfolge stehen. Für den Zustand off-line (bzw. off-0) existiert nur eine Liste, so daß in allen Zeitscheiben dieselben Programme laufen. Für den On-line-Fall gibt es drei Programmfolgelisten, die die Belegung der drei Zeitscheiben widerspiegeln. Die Belegung ist so gewählt, daß die Laufzeitbelastung der Zeitscheiben ausgeglichen ist und die Summe der Rechenzeiten der in einer Zeitscheibe gleichzeitig aktiven Verarbeitungsprogramme das Zeitlimit von $\frac{1}{3}$ s nicht überschreitet. Verarbeitungsprogramme, deren Zykluszeit kleiner als die Steuerprogrammzykluszeit von 1 s ist, müssen für mehrere Zeitscheiben eingetragen sein.

Die Informationen, mit denen nach der Feststellung der Programmnummer in der Folgeliste der Bearbeitungszustand eines Verarbeitungsprogramms bestimmt wird, stehen im Anmelderegister. Dort ist jedem Programm ein Datensatz zugeordnet, der den Programmstatus, den Zykluszähler und die Fortsetzungsadresse bei Unterbrechungen enthält.

Im Programmstatus ist der Anmeldezustand des Verarbeitungsprogramms verschlüsselt (Tafel 4.48). Die Anwahl eines Verarbeitungsprogramms z. B. durch Bedienereingabe bedeutet die Neustartanmeldung durch das Tastaturbehandlungsprogramm. Andere Verarbeitungsprogramme werden im Systemanlauf zum Neustart angemeldet. Die Startadressen des Verar-

Tafel 4.48. Programmzustände und Reaktionen der Programmablaufsteuerung

Programmstatus	Stand Zykluszähler	Reaktion Programmsteuerung
Neustart	beliebig	Start VAP bei Neustartadresse
Restart (zyklisch)	> 0	Dekrementieren Zykluszähler VAP wird übergangen
	$= 0$	Start VAP bei Restartadresse
Warten	> 0	VAP übergangen
	$= 0$	VAP übergangen, Fehlermeldung
Fortsetzen	beliebig	Fortsetzen bei abgelegter Fortsetzadresse
Abgemeldet	beliebig	VAP wird übergangen

beitungsprogramms, die bei Neustart und zyklischem Restart vom Steuerprogramm angesprungen werden, sind in einer Startadressentabelle festgelegt.

Die Zustände Warten und Fortsetzen werden bei Datenaustauschoperationen benötigt. Die Anmeldung eines Datenaustausches (z. B. Datenübertragung) bewirkt, daß das Verarbeitungsprogramm unterbrochen und in den Wartezustand versetzt wird. Durch die Fertigmeldung aus den behandelnden Steuerprogrammkomponenten (Bild 4.102) wird der Zustand Fortsetzen eingestellt. Die Fortsetzung des Verarbeitungsprogramms erfolgt an der Unterbrechungsstelle. Ihre Adresse wird bei der Anmeldung des Datenaustausches gesetzt.

Durch die Eigenüberwachung wird überprüft, ob der Aktualisierungszyklus eingehalten wird, d. h. ob der Wartezustand beendet ist, bevor der nachfolgende zyklische Restart des Verarbeitungsprogramms ansteht (Zykluszähler = 0).

Der Zykluszähler wird im Verarbeitungsprogramm gesetzt. Die Zeit bis zum nächsten Re-

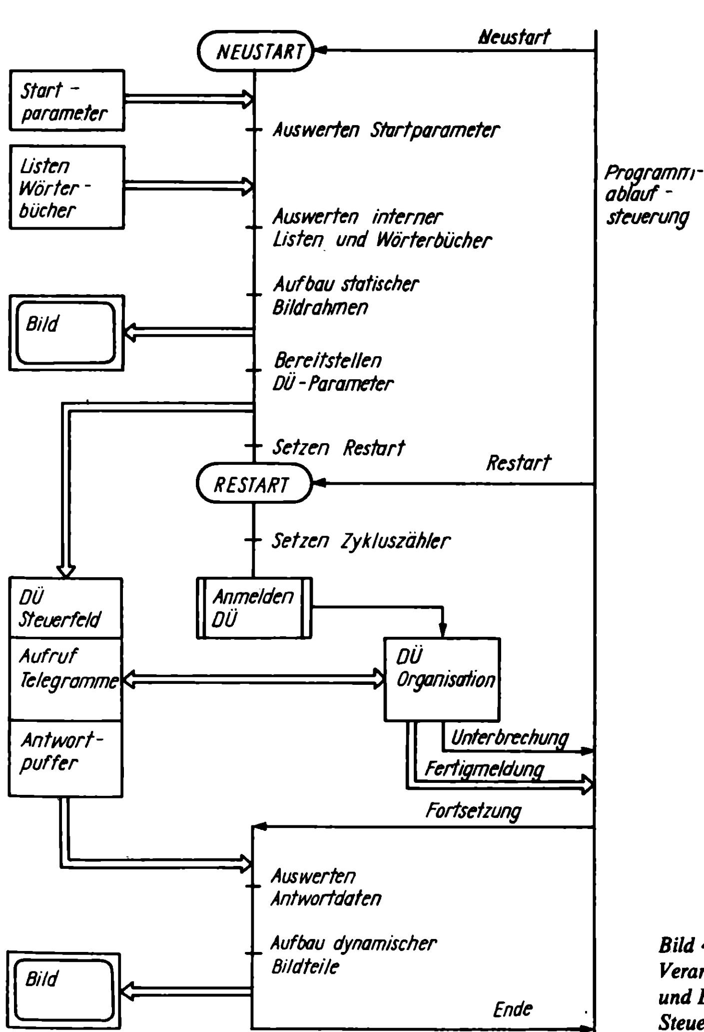


Bild 4.102. Struktur eines Verarbeitungsprogramms und Einbindung in das Steuerprogramm

start des Verarbeitungsprogramms kann so von den Ergebnissen im Programm abhängig gemacht werden (s. Abschn. 4.5.3.3.).

Tastenkodeübernahme. Die intelligente Tastatur ist über die Anschlußsteuerung angeschlossen. Die Tastenkodeübernahme erfolgt über den Koppel-PIO. Dieser löst bei Betätigen einer Taste einen Interrupt aus. Die direkt angesprungene Behandlungsroutine liest den Kode aus dem Koppel-PIO und schreibt ihn ohne Prüfung in einen Übergabepuffer. Die Auswertung des Puffers ist Aufgabe des Tastaturbehandlungsprogramms, das als Verarbeitungsprogramm in jeder Zeitscheibe abläuft.

Eingabe/Ausgabe-Organisation. Beim Pultsteuerrechner ist die Bedienung von drei Eingabe- und drei Ausgabekanälen vorgesehen. Durch die E/A-Organisation werden die über ADA angeschlossenen Geräte

Seriendrucker
Lochbandleser
Lochbandstanzer

unterstützt.

Das am Pultsteuerrechner anschließbare Kassettenmagnetbandgerät benötigt eine spezielle Anschlußsteuerung. Der dazu notwendige Handler ist nicht in die E/A-Organisation eingebunden.

Die Anmeldung einer E/A-Operation erfolgt aus dem Verarbeitungsprogramm durch Aufruf der Routine EAST. Dabei muß die Adresse eines E/A-Steuerfelds übergeben werden, das die Steuerparameter für die E/A-Operation enthält:

die symbolische Gerätenummer, die den bei der Eingabe/Ausgabe geforderten Gerätetyp beschreibt,
E/A-Pufferadresse und -länge im Verarbeitungsprogramm
Fehlerbyte, in das die bei Durchführung und Anmeldung der E/A-Operation auftretenden Fehler eingetragen werden.

In der Anmelderoutine wird anhand einer internen Gerätetabelle geprüft, ob das Gerät für das aufrufende Verarbeitungsprogramm reserviert ist. Ist das Gerät einem anderen aktiven Programm zugewiesen, wird die E/A-Anmeldung als nicht ausführbar zurückgewiesen. Damit wird verhindert, daß verschiedene Ein- oder Ausgaben dasselbe Gerät gleichzeitig ansprechen, d. h., die verfügbaren Geräte müssen vom Bediener bewußt bestimmten Ein- oder Ausgaben zugeordnet werden. Ist die Reservierung möglich, wird das Programm in den Wartezustand gesetzt und die Ein- oder Ausgabe gestartet (Bild 4.103).

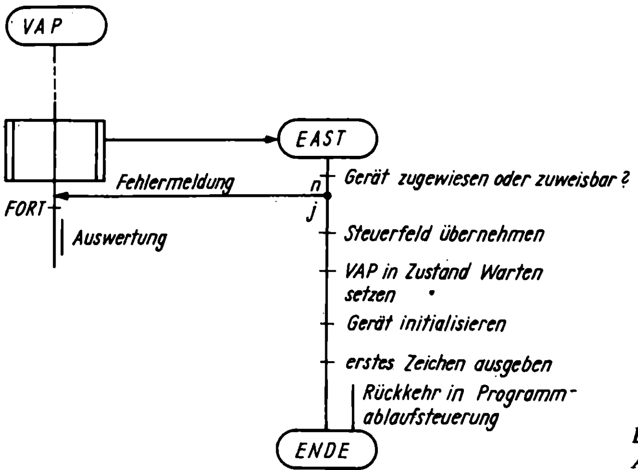


Bild 4.103. Anmeldung einer Ausgabeoperation

Der weitere Ablauf der E/A-Operation wird über Interrupts gesteuert (Bild 4.104). Nachdem alle Zeichen behandelt sind, wird die Fertigmeldung der E/A-Operation abgesetzt, d. h. das zugehörige Verarbeitungsprogramm aus dem Wartezustand in den Zustand Fortsetzen gebracht. Die Fortsetzung erfolgt durch die Programmablaufsteuerung an der im Bild 4.103 mit FORT bezeichneten Adresse. Die Ausführung der E/A-Operation wird zeitlich und auf Geräte- bzw. Datenfehler überwacht. Die Zeitüberwachung ist zentralisiert für alle Geräte und

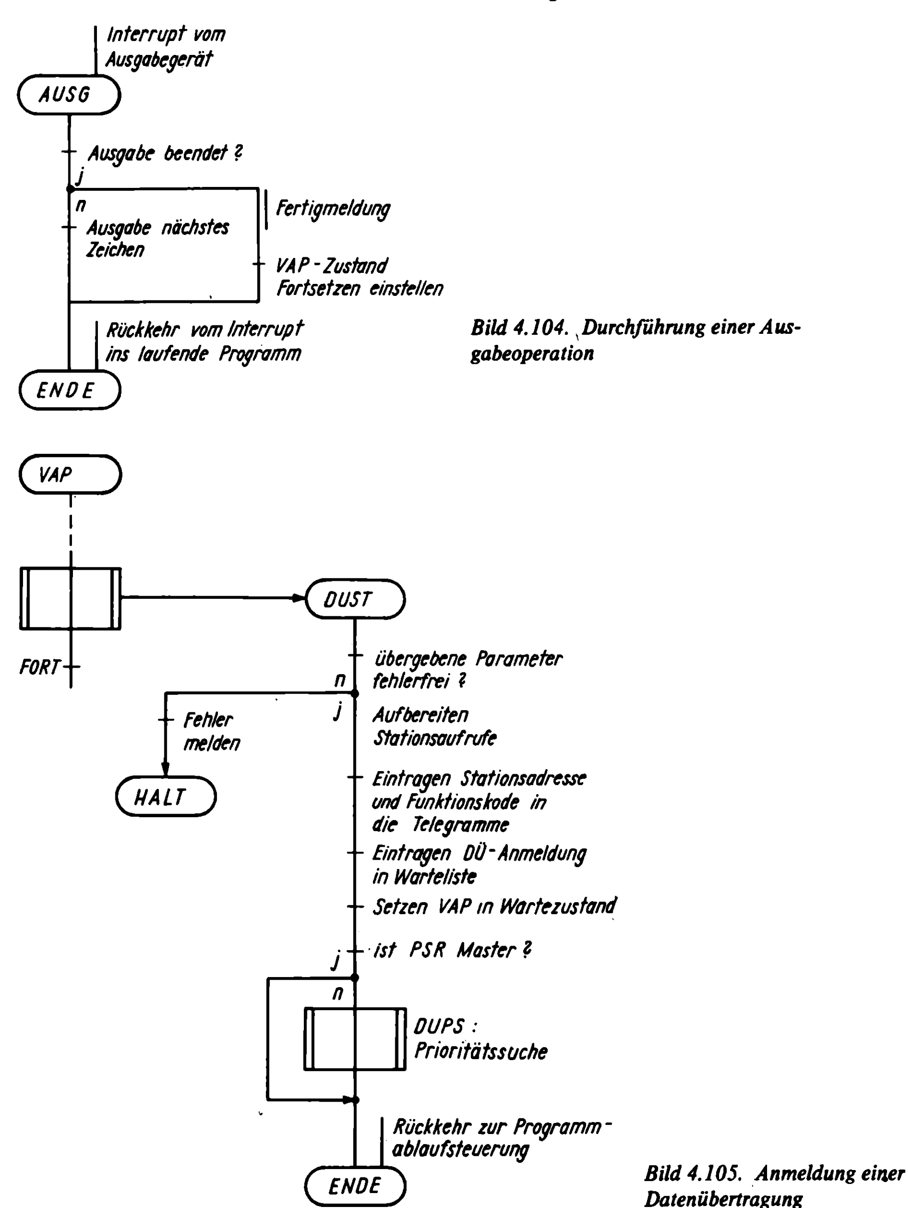


Bild 4.104. Durchführung einer Ausgabeoperation

Bild 4.105. Anmeldung einer Datenübertragung

Bestandteil der Eigenüberwachung. Die Geräte- und Datenfehlerüberwachung ist gerätetypspezifisch und daher in das Durchführungsprogramm (Handler) eingebunden.

Datenübertragungsorganisation. Das Softwarepaket zur Datenübertragung hat folgende Teilfunktionen:

- Im Handler sind die Hardwarebedienroutinen (Treiber) zusammengefaßt. Neben der Anfangsinitialisierung und der Initialisierung für Empfang und Senden sind im Handler auch die Antwortzeitüberwachung und formale Fehlertests untergebracht. Interruptserviceroutinen (ISR) werden durch den Handler angesprungen. Sie steuern den Ablauf der Datenübertragung gemäß den vereinbarten Datenübertragungsprozeduren und beinhalten funktionelle Fehlertests (z. B. Sinnfälligkeitstest der empfangenen Telegramme). Sie kehren grundsätzlich in den Handler zurück.
- Organisationsroutinen realisieren die Anmeldung der Datenübertragung und verwalten die Warteliste.

Im Komplex Datenübertragung des Pultsteuerrechners sind zwei Grundfunktionen notwendig:

1. Pultsteuerrechner arbeitet als Master.
   Der Pultsteuerrechner besitzt als aktueller Master die Bussteuerfunktion. Er ruft andere Stationen aktiv auf und überwacht den von ihm gesteuerten Übertragungsvorgang.
2. Pultsteuerrechner arbeitet als Slave.
   Der Pultsteuerrechner arbeitet für einen aktiven Master im System (z. B. für die Datensteuerstationen oder einen anderen Pultsteuerrechner) als Slave und muß auf Stationsaufrufe, d. h. passiv reagieren.

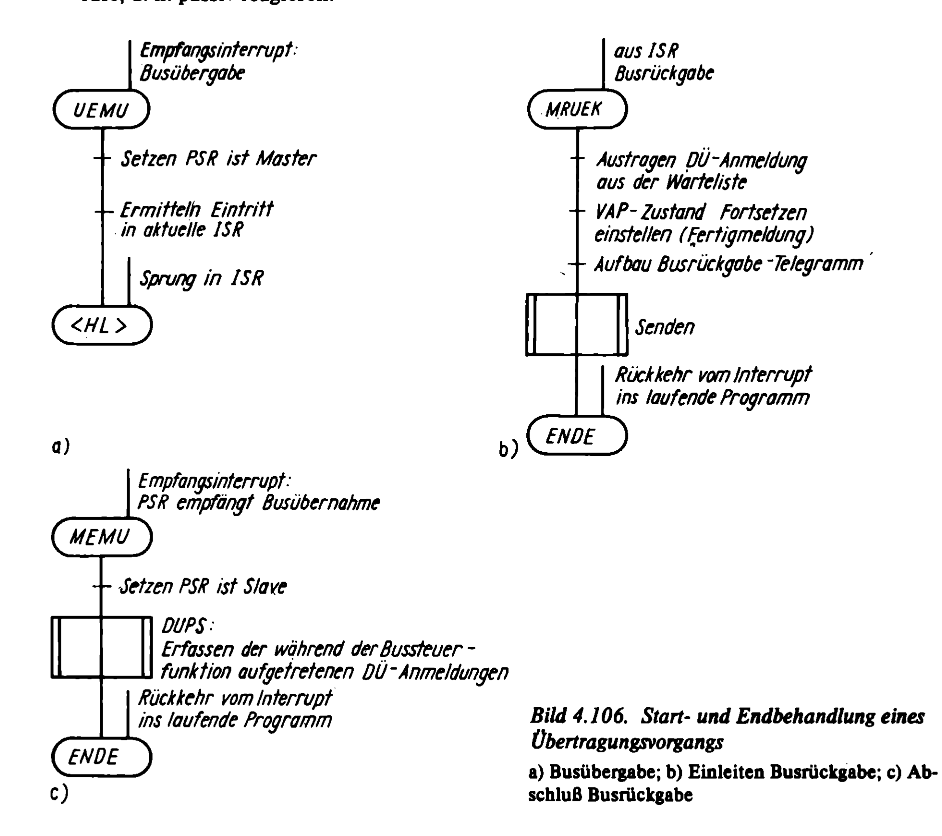


Bild 4.106. ***Start- und Endbehandlung eines Übertragungsvorgangs***

a) Busübergabe; b) Einleiten Busrückgabe; c) Abschluß Busrückgabe

Zu 1. Die Bearbeitung einer Datenübertragungsanmeldung aus einem Verarbeitungsprogramm läuft in zwei Schritten ab: der Anmeldung und der Durchführung. Die Anmeldung erfolgt durch den Aufruf der Anmelderoutine DUST im Verarbeitungsprogramm (Bild 4.105). Das Verarbeitungsprogramm muß ein DÜ-Steuerfeld, die Stationsaufruftelegramme und ggf. den Puffer für die Antworten aus dem Slave bereitstellen. Die Parameter des DÜ-Steuerfelds steuern

a) die Priorität des Übertragungsvorgangs im System
b) den Ablauf des Übertragungsvorgangs

Neben den im Abschn. 4.1.6.4. genannten grundsätzlichen Ablaufvarianten Schreiben, Schreiben–Warten–Lesen sowie Schreiben und Lesen sind beim Pultsteuerrechner die Zusatzfunktionen

Alarm- und Bedienprotokollabfrage	Stationsabfrage (nur im Kleinverbund)
Systemuhr stellen	Quittieren akustischer Alarme

realisiert. Sie basieren auf den Grundvarianten und unterscheiden sich nur in speziellen Steuerbytes im Datenteil der Telegramme.

c) die Anzahl der Datenverkehre des Übertragungsvorgangs.

Zur Minimierung der Rechenzeitbelastung des aufgerufenen Slave und der Busbelastung sind im Verarbeitungsprogramm die benötigten Daten nach Stationen sortiert. Die Anzahl der Datenverkehre entspricht somit der Anzahl der aufzurufenden Stationen.

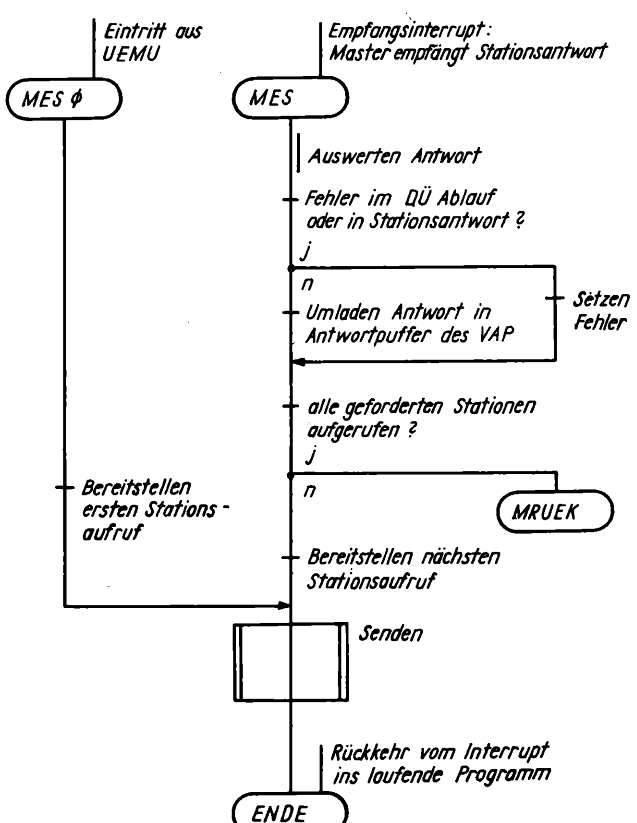


Bild 4.107. Durchführung eines Übertragungsvorgangs – Ablauf Schreiben und Lesen

Für jeden Datenverkehr folgt im Steuerfeld ein Datensatz, in dem die anzusprechende Station sowie ein der Station zugeordneter Fehlerzähler, die Adresse des Sendetelegramms, Länge und Adresse des Antwortpuffers stehen. Die anzusprechende Station kann direkt mit ihrer Stationsadresse oder als laufende Nummer einer Basissteuereinheit angegeben werden. Im zweiten Fall wird die Stationsadresse für die Basissteuereinheit aus der aktuellen Teilnehmertabelle entnommen. Sie enthält nach der Umschaltung auf eine Reserve-Basissteuereinheit deren Stationsadresse anstelle der Originaladresse der Basissteuereinheit. Über diese Tabelle, die die Datenbahnsteuerstation bei allen Mastern aktualisiert, wird außerdem informiert, ob eine Station ansprechbar ist (s. Abschn. 4.5.4.).

In der Anmelderoutine DUST wird die Anmeldung unter der angegebenen Priorität in die Warteliste eingetragen und das aufrufende Verarbeitungsprogramm in den Wartezustand versetzt. Falls der Pultsteuerrechner nicht gerade Master ist, d. h. einen Übertragungsvorgang steuert, wird die Warteliste durchsucht und die höchste Priorität ermittelt. Nach der Anmeldung kehrt DUST zur Programmablaufsteuerung zurück.

Die Durchführung des Übertragungsvorgangs läuft unabhängig vom Verarbeitungsprogramm und der Programmablaufsteuerung ab. Sie wird gestartet nach der Busübergabe an den Pultsteuerrechner (Bild 4.106a).

Es erfolgt der Eintritt in die betreffende Behandlungsroutine, in der das Senden des ersten Stationsaufruftelegramms angestoßen wird. Der Empfang des Quittungstelegramms führt wieder über den Handler zurück in dieselbe Interruptserviceroutine, in der die Stationsantwort ausgewertet und das Aufruftelegramm des nächsten Datenverkehrs angestoßen wird (Bild 4.107). Bei formalen Fehlern oder Überschreitung der Wartezeit auf die Stationsantwort wird der Stationsaufruf im Handler wiederholt. Die Anzahl der Wiederholungen ist für jede Ablaufvariante gesondert festgelegt. Nach dem Aufruf der für den Übertragungsvorgang notwendigen Stationen wird in die Endebehandlung gesprungen. Hier wird nach Rücksetzen des Wartezustands für das Verarbeitungsprogramm und dem Streichen der Datenübertragungsanmeldung aus der Anmeldeliste die Busrückgabe eingeleitet (Bild 4.106b). Nach Senden des Busrückgabetelegramms überwacht der Pultsteuerrechner, ob die Datensteuerstation aktiv wird, und setzt die Bussteuerfunktion zurück (Bild 4.106c).

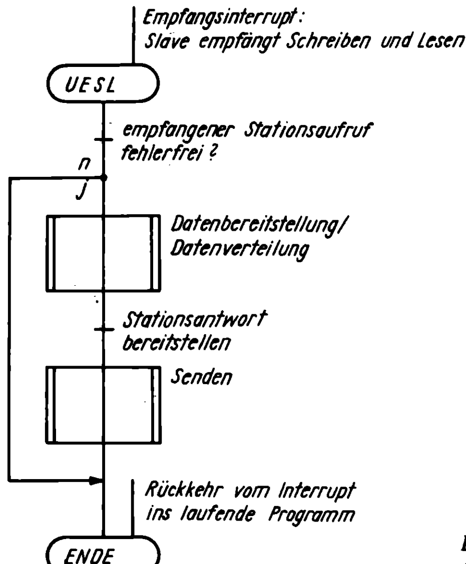


Bild 4.108. Behandlung des Empfangs eines Stationsaufrufs – Pultsteuerrechner arbeitet als Slave

Zu 2. Wird der Pultsteuerrechner von einem anderen aktiven Master als Slave angesprochen, erfolgt im Handler anhand des empfangenen Funktionskodes im Stationsaufruf die Verteilung auf die Behandlungsroutinen. Bild 4.108 zeigt als Beispiel die Behandlung eines Stationsaufrufs mit dem Funktionskode Schreiben und Lesen. Die Datenbereitstellung und Verteilung wird über die im Telegramm enthaltenen Steuerbytes und Adreßinformationen gesteuert.

Aus dem geschilderten Ablauf geht hervor, daß ein vom Pultsteuerrechner als Slave empfangener Stationsaufruf unabhängig von der Programmablaufsteuerung behandelt wird.

4.5.3.3. Verarbeitungsprogramme

Verarbeitungsprogramme realisieren die Funktionen der Prozeß- und Systemkommunikation des Pultsteuerrechners. Ein Verarbeitungsprogramm kann als Vordergrund- oder als Hintergrundprogramm laufen, wobei *Vordergrundprogramme* den Bildschirm beschreiben, d. h. direkte Kommunikationsaufgaben ausführen, während *Hintergrundprogramme* der Datenvorverarbeitung bzw. Datensammlung dienen. Mehrere Hintergrundprogramme können gleichzeitig und zu einem Vordergrundprogramm parallel arbeiten. Grundsätzlich sind in Verarbeitungsprogrammen folgende Randbedingungen zu beachten:

a) Ein Verarbeitungsprogramm läuft als Unterprogramm zur Programmablaufsteuerung.
b) Bei Rückkehr zur Programmablaufsteuerung muß das Stackniveau dem beim Aufruf des Programms entsprechen. Als Rückkehr sind neben dem Abschluß auch die Unterbrechungen durch Datenaustauschanmeldungen zu betrachten (Datenübertragung, Eingabe/Ausgabe, Tastenkodeübernahme).
c) Beim Start oder bei der Fortsetzung des Programms sind alle Registerinhalte undefiniert.
d) Der Arbeitsspeicher steht dem Verarbeitungsprogramm nur für die Zeit der Anmeldung zur Verfügung. Ist es abgemeldet, kann der Arbeitsspeicher anderweitig belegt sein.
e) Die notwendigen Prozeß- und/oder Systemdaten, die in anderen Einrichtungen geführt werden, müssen über Datenübertragung angewählt werden, da im Pultsteuerrechner kein Prozeßabbild geführt wird.
f) Unumgängliche Warteschleifen im Verarbeitungsprogramm sind durch Rückkehrstellen zum Steuerprogramm zu unterbrechen. Die Möglichkeit dazu ist geboten durch
   Aufruf einer Datentransferoperation
   Aufruf einer Warteroutine
   Einbeziehung von Restartadresse und Rückkehr zur Programmablaufsteuerung in die Warteschleife.
g) Die Nutzung des Tauschregistersatzes ist nur im Interruptverbot erlaubt. Abschnitte mit Interruptverbot sind lediglich in Ausnahmefällen gestattet und kurzzuhalten.

Die *Verarbeitungsprogrammstruktur* weist i. allg. einen Neustart und einen Restartteil auf (Bild 4.102). Im Neustartteil sind alle statischen Programmoperationen, z. B. Aufbau des Bildrahmens und Aufbau von Anwahltelegrammen, zusammengefaßt. Im Neustartteil sind oft Sortieralgorithmen notwendig, da die Anwahltelegramme nach Stationen geordnet aufgebaut werden müssen (Rechenzeitentlastung des Slave, Busentlastung). Der Restartteil enthält die zyklisch ablaufenden Funktionen zur Aktualisierung der benötigten Informationen, d. h. i. allg. Aufruf von Datenaustauschoperationen und Auswertung der ausgetauschten Daten. Dazu werden die im Neustartteil aufgebauten Aufruftelegramme, Puffer und anderen Zwischendaten verwendet.

Der Arbeitszyklus des Restartteils wird durch die Einstellung des Zykluszählers bestimmt. Er ist außerdem abhängig davon, wie oft das Verarbeitungsprogramm im Steuerprogrammzyklus bearbeitet werden kann, d. h., in wie vielen Programmfolgelisten (Zeitscheiben) es eingetragen ist:

$$\text{Arbeitszyklus} = \frac{\text{Zählereinstellwert} + 1}{\text{Anzahl der Eintragungen}}$$

Tafel 4.49. Kurzcharakteristik der Hintergrundprogramme im Pultsteuerrechner

UHR	Bereitstellen der internen Uhrzeit und des Datums
TABE	Tastaturbehandlung – Auswerten des Tastenkodes einschließlich Sinnfälligkeitstest – Bereitstellen Startparameter und Anmelden Vordergrundprogramme – Durchführen Prozeßkommunikation – Übergabe Tastenkodes für Systemkommunikation
ALER	Alarm und Bedienprotokollabfrage – Abfrage der Alarmpuffer für Prozeßalarme (BSE) und Systemalarme (DSS) sowie Verwalten des PSR-Alarmpuffers – Abfrage des Bedienprotokollpuffers anderer PSR
ALAW	Alarmauswertung – Vorverarbeitung der Rohwerte im Alarmpuffer zur Ausgabe über Bildschirm oder Drucker
DUE	Datenübertragung – Überwachung der internen Datenübertragungsorganisation
ALPR	Ausgabe des Bedien- und Alarmprotokolls über Seriendrucker
HACO	Kopieren Bildinhalt auf Seriendrucker

Tafel 4.50. Kurzcharakteristik der Verarbeitungsprogramme – Prozeßkommunikation

UBAU	Übersichtsdarstellung – Anwahl der Übersichtsbytes aus den betreffenden Kommunikationsstellen – Bildschirmausgabe der Übersichtsdarstellung
MEDA	Meßgruppendarstellung – Anwahl der Prozeßdaten aus den KOM-Blöcken der BSE – Bildschirmausgabe der Gruppendarstellung – Bereitstellen der Kommunikationsparameter für TABE
EIDA	Einzeldarstellung – wie MEDA, nur für eine Kommunikationsstelle
TRND	Trenddarstellung für einen in der BSE erfaßten Trend: – Anwahl des Trendspeichers für einen in der BSE nicht erfaßten Trend: – Aufbau des Trendspeichers im PSR aus dem Istwert in EIDA ab Trendanwahl – Bildschirmausgabe Trendkurve
ALBI	Ausgabe des Alarmprotokolls auf Bildschirm
ALAZ	Ausgabe der Alarmzeile
ANBI	Anlagenbild – quasigrafische Ausgabe von Anlagenfließbildern auf Bildschirm – Anwahl der benötigten Prozeßinformationen – Einblenden dynamischer Daten in das Fließbild
ABDI	Dialog im Anlagenbild – Ausgabe einer Kommunikationsstelle im Format der Einzeldarstellung zusätzlich zum Anlagenbild – Bereitstellung der Kommunikationsparameter für TABE

Tafel 4.51. Kurzcharakteristik der Verarbeitungsprogramme – Systemkommunikation

SYST	Systemübersicht – Anwahl der Stationstabelle – Bildschirmausgabe Systemübersicht
STFE	Status Funktionseinheit – Anwahl Statusinformationen für die angewählte Funktionseinheit aus der DSS und der Funktionseinheit selbst – Bildschirmausgabe der Statusinformationen – Betriebsartumschaltung der Funktionseinheit – Laden und Sichern objektabhängiger RAM-Informationen vom/auf externen Speicher – Ausgliedern/Eingliedern einer Station aus/in das Datenübertragungssystem
LIST	Konfiguration Listen – Bildschirmausgabe der EPROM-Wörterbücher – Bildschirmausgabe der Gruppenbezeichnungen – Bildschirmausgabe der Übersichtsbezeichnung – Änderung der Übersichtsbezeichnung
KOGR	Konfigurierung Gruppendarstellung – Streichen/Zuweisen von Kommunikationsstellen aus/in die Gruppendarstellung – Änderung der Gruppenbezeichnung
KOEI	Konfigurierung Einzeldarstellung – Anwahl und Anzeige von auf Kommunikationsstellen bezogenen Steuerparametern in den Listen des Pultsteuerrechners (z. B. Meßstellenbezeichnung) und im Kommunikationsblock in der BSE (z. B. Abtastzeit) – Änderung der obengenannten Daten
KOPR	Konfigurierung Programm und Parameter – Anwahl und Anzeige der Verarbeitungsstruktur für eine KOMS (Verarbeitungskette) – Anwahl und Anzeige des Inhalts eines Basismodulaufrufblocks aus der Verarbeitungskette – Änderung der Verarbeitungsstruktur (Verarbeitungskette) – Änderung der Operanden im Modulaufrufblock, d. h. sowohl der Signalverknüpfung als auch der Parameterwerte – Anwahl, Anzeige und Änderung von Signalwerten

Neben der Einhaltung der obengenannten Randbedingungen und der Schnittstellenbedingung für die Datenaustauschoperationen (Steuerfelder und Puffer) müssen zur Einbindung eines Verarbeitungsprogramms folgende Daten gültig sein:

Programmnummer
Eintragung der Neu- und der Restartadresse in die Adreßtabellen
mindestens einmalige Eintragung des Programms in die Programmfolgelisten
Eintragung der ggf. verwendeten Datenübertragungspriorität
Eintragung der ggf. verwendeten symbolischen Gerätenummer.

Diese Daten befinden sich im Generierdatensatz. Zusätzlich muß die Bereitstellung der Startparameter sowie die Art und Weise des Neustarts (ggf. durch Bedienhandlung über das Tastaturbehandlungsprogramm) feststehen.

Die Tafeln 4.49 bis 4.51 enthalten eine Übersicht zu den wesentlichen Verarbeitungsprogrammen mit einer Kurzcharakteristik ihrer Funktion.

4.5.3.4. Datenstrukturen

Es würde den gesteckten Rahmen sprengen, wollte man hier sämtliche internen Datenfelder des Pultsteuerrechners behandeln. Die folgenden Aussagen beschränken sich daher auf die objektabhängigen Daten, die im Verlauf der Projektierung zusammengestellt werden müssen.

Wörterbücher. Wörterbücher stehen auf EPROM und sind damit nicht änderbar. Durch Systemkommunikation änderbar ist die Zuordnung eines Wortes zu einer konkreten Stelle.

1. Wörterbücher zum Aufbau der Meßstellenbezeichnung
   4-Zeichen-Wörter, z. B. NACH
   6-Zeichen-Wörter, z. B. VENTIL
   8-Zeichen-Wörter, z. B. STEUERNG
   12-Zeichen-Wörter, z. B. WAERMETAUSCH
2. Wörterbuch der problemorientierten Meßstellennummern (Alphateil)
   4 Zeichen je Wort, z. B. TIC
3. Wörterbuch Dimensionsbezeichnung
   6 Zeichen je Wort, z. B. NM3/H
4. Text Alarmursachen
   Ein Datensatz besteht aus sieben Mnemonika zu je drei Zeichen für die Alarmursachen. 28 Zeichen im Datensatz, z. B. SHR UW2 UW1 OW2 OW1 SI STG
5. Bezeichnung der Lampenfelder binärer Kommunikationsstellen. Jedem der drei möglichen Lampenfelder wird ein drei Zeichen plus Farbkodierung langes Wort zugeordnet, wobei ein Datensatz aus drei Wörtern besteht.

Wie ein Wörterbuch aufgebaut, aber wegen der Änderbarkeit RAM abgelegt, werden die vier Zeichen langen Bezeichnungen der Meßgruppen.

Korrespondenzlisten. Die Korrespondenzlisten enthalten die aktuelle Softwarekonfiguration des Pultsteuerrechners:

1. interne Meßstellentabelle (IMTA). Jeder dem Pultsteuerrechner zugewiesenen Kommunikationsstelle ist ein Datensatz mit folgendem Inhalt zugeordnet:
a) problemorientierte Meßstellennummer (z. B. TIC 53852)
b) Meßstellenbezeichnung (z. B. HEIZOEL ZUFUEHRUNG)
c) Alarmgruppennummer. Angegeben ist die Nummer der Meßgruppe, die im Alarmprotokoll ausgegeben wird.
d) Anzeigefestlegung. Für analoge Kommunikationsstellen werden Anzeigebereich und Anzeigeanfang, für binäre die Nummer des Lampenfeldtextes angegeben.

2. Zuordnungsliste zu Meßgruppen (ZUUG). Sie ordnet den Positionen in den Meßgruppen eine Kommunikationsstelle zu. Nicht belegte Positionen sind gekennzeichnet.

Generierdatensatz. Der Generierdatensatz beschreibt die objektabhängige Anpassung des Steuerprogramms und die maximal mögliche Softwarekonfiguration des Pultsteuerrechners. Er enthält neben dem Adreßbuch, in dem die Basisadressen und Dimensionen der objektabhängigen Listen stehen, folgende Daten:

– Prüfsummen der EPROM-Bereiche
– Angaben zur Speicherkonfiguration
– Programmfolgelisten
– Startadressen der Verarbeitungsprogramme
+ Softwarekonfiguration (unter anderem Anzahl der Übersichten)
– Festlegungen zum DÜ-Ablauf
+ Anlagenkonfiguration mit Angaben, wie viele Einheiten eines Typs im Datenübertragungsverbund arbeiten
+ Festlegungen zur Farbumschaltung bei auftretenden Alarmen
+ Festlegungen zur Konfiguration der Datenverarbeitungsperipherie mit der Anfangsgerätezuweisung
– Informationen zu anderen Funktionseinheiten (z. B. Adreßbuchadressen).

Gegenstand der Projektierungsleistung sind aber nur die mit + gekennzeichneten Daten. Die übrigen enthalten Systemfestlegungen, die die Unterschiede verschiedener Standardvarianten des Pultsteuerrechners ausdrücken bzw. wegen der Weiterentwicklung und Systemsoftwarepflege zentral änderbar sein müssen.

4.5.4. Datenbahnsteuerstation

Die Einrichtungssoftware der Datenbahnsteuerstation ist bis auf wenige, die Struktur der Automatisierungsanlage beschreibende Steuerparameter objektunabhängig.

4.5.4.1. Steuerprogramm

Das in der Datenbahnsteuerstation eingesetzte Steuerprogramm basiert auf Programmodulen des Echtzeitsteuerprogramms EIEX (VEB Kombinat Robotron). Es wurde wesentlich ergänzt durch Programme zur Datenübertragung. Eigenüberwachungs- und einrichtungsspezifische Verarbeitungsfunktionen sind durch Programme (Tasks) realisiert, deren Anmeldung und Durchführung vom Steuerprogramm verwaltet und überwacht wird.

Einzelheiten zum Aufbau und zur Funktion des EIEX sind einschlägigen Unterlagen des VEB Kombinat Robotron [4.49] zu entnehmen.

4.5.4.2. Verarbeitungsprogramme

Die beiden Hauptfunktionen der Datenbahnsteuerstation Überwachung der Datenübertragung und Bussteuerung sind in den Programmkomplexen Stationsabfrage und Mastervergabe realisiert. Daneben existieren Programme für den Stationsanlauf, die Uhr-Synchronisation im

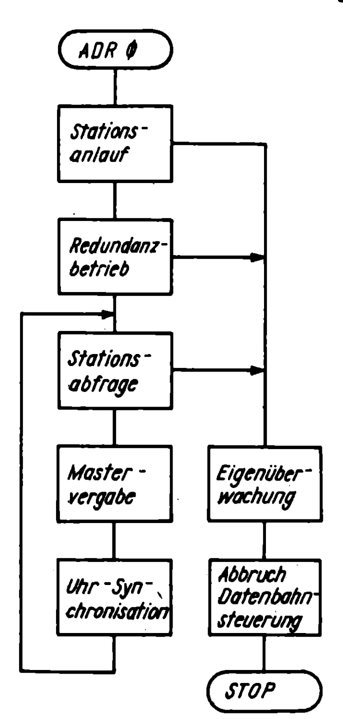


Bild 4.109. Softwarekomponenten der Datenbahnsteuerstation

Verbundsystem sowie zur Fehleranalyse bzw. -auswertung die Komplexe Redundanzbetrieb, Abbruch der Datenbahnsteuerung und die Eigenüberwachung.

Der Normalbetrieb der aktiven Datenbahnsteuerstation enthält die Funktionen Stationsabfrage, Mastervergabe und Uhr-Synchronisation (Bild 4.109). Diese werden zeitzyklisch durchlaufen. Die Programme zum Redundanzbetrieb sind nur in der Reservestation wirksam. Bei auftretenden Fehlern innerhalb des normalen Ablaufs werden Teile der Eigenüberwachungsprogramme angestoßen und die Steuerung der Datenbahn abgebrochen.

Stationsanlauf. Im Stationsanlauf wird entschieden, ob ein Neuanlauf der Datenbahnsteuerstation oder ein Wiederanlauf durchzuführen ist. Während im Neuanlauf alle internen Datenlisten neu aufgebaut werden, bleiben im Wiederanlauf die Daten erhalten, die den Zustand der im Verbundsystem angeschlossenen Einrichtungen beschreiben. Im Neuanlauf werden außerdem die objektabhängigen Steuerparameter auf Sinnfälligkeit überprüft. Es erfolgt die Initialisierung der Hardwareüberwachung (UEW-Modul) sowie ein Test des kompletten Speichers. Bei auftretenden Fehlern wird nach der Fehlerausgabe der Anlauf abgebrochen. Den Stationsanlauf schließt der Start der Programmkomponenten Eigenüberwachung und Redundanzbetrieb ab. Im Komplex Redundanzbetrieb wird durch die Überwachungsfunktion er-

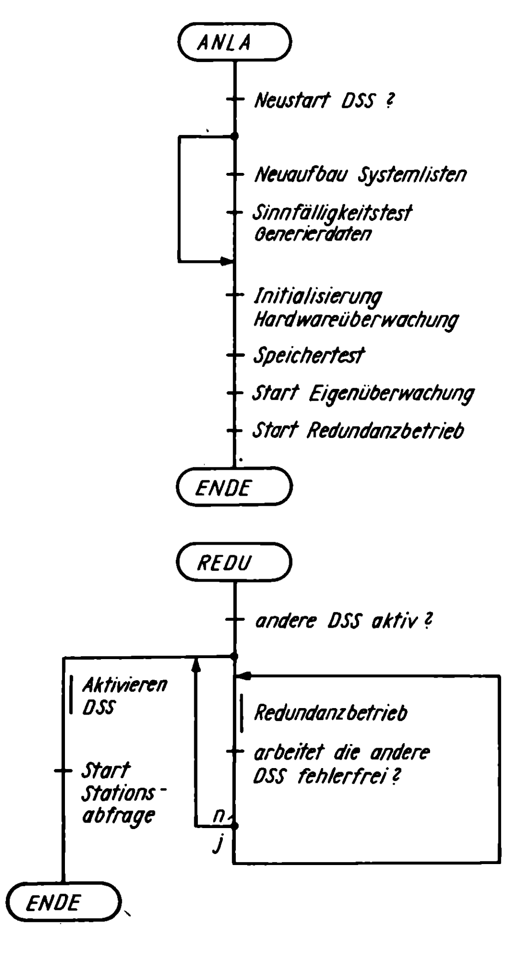


Bild 4.110. Anlauf Datenbahnsteuerstation

kannt, ob eine andere Datenbahnsteuerstation aktiv ist. Ist das der Fall, bleibt die angelaufene Datenbahnsteuerstation im Reservebetrieb. Ansonsten folgt ihre Aktivierung mit dem Start der Stationsabfrage (Bild 4.110).

Stationsabfrage. In der Stationsabfrage ruft die Datenbahnsteuerstation andere Stationen auf. Diese antworten mit Statusinformationen, die auch die Priorität der Busanforderung der Masterstation enthalten. Basis der Stationsabfrage ist die aktuelle Teilnehmertabelle, in der alle angeschlossenen Einrichtungen eine feste Position besitzen. In diese Liste werden bei Neuanlauf der Datenbahnsteuerstation die Stationsadressen der Einrichtungen eingetragen. Tafel 4.52 zeigt den Inhalt der Teilnehmertabelle für eine mögliche Anlagenkonfiguration. Der aktuelle Inhalt beschreibt den Zustand der Einrichtung bezüglich des Datenübertragungsverbundes im System (Tafel 4.53). Jede Änderung des Datenübertragungszustands wird in der Teilnehmertabelle registriert und an alle Stationen mit der Prozedur Sammeladressierung übertragen. Zur Systemsicherheit erfolgt die Übertragung außerdem zeitzyklisch, da bei Sammeladressierung die Empfänger den Stationsaufruf der Datenbahnsteuerstation nicht quittieren. In den Mastern kann anhand der aktuellen Teilnehmerliste entschieden werden, ob eine zu einer bestimmten Station angemeldete Datenübertragung ausgeführt werden kann.

Tafel 4.52. Teilnehmertabelle in der Datenbahnsteuerstation

EPROM	aktuell	Bedeutung
02	02	DSS aktiv
01	01	DSS Reserve
08	FE	Wartenrechner ausgegliedert
20	20	PSR 0 aktiv
21	FF	PSR 1 DÜ gestört
22	22	PSR 1 aktiv
40	40	Reserve-BSE 40
41	41	Reserve-BSE 41
80	80	BSE 0
81	41	Reserve-BSE 41 ersetzt BSE 1
82	82	BSE 2

Tafel 4.53. Status einer Station im Verbundsystem

Zustand	Ursache	Wirkung im Systemverbund	
Station ausgegliedert	Bedienereingriff	Station wird nicht mehr angesprochen	
Station eingegliedert	Bedienereingriff	Station kann angesprochen werden	
Station gestört	kein Kontakt bei Stationsabfrage	DSS:	Station wird nur bei großen Stationsabfragen angesprochen
		andere:	Station wird nur in ausgewählten Funktionen der Systemkommunikation angesprochen
Redundanzbetrieb Reserve-BSE	Systemstörung BSE oder Bedienereingriff	DSS:	BSE wird nicht mehr angesprochen
		andere:	Prozeßkommunikation erfolgt mit Reserve-BSE

Bei der Stationsabfrage gibt es zwei Verfahrensweisen:

1. In der „kleinen" Stationsabfrage werden nur die als ansprechbar gekennzeichneten Stationen abgefragt. Im Ergebnis der Datenübertragung werden folgende Informationen ausgewertet:

a) Datenübertragungsfehler werden registriert, und eine Fehlermitteilung wird in den Alarmpuffer geschrieben (z. B. Kontakt auf nur einer von zwei vorhandenen Datenbahnen). Kommt mit einer Station überhaupt kein Datenverkehr zustande, wird sie als gestört gesetzt.

b) Die Datenübertragungspriorität einer Masterstation wird abgelegt.

c) Das Stationsstatusbyte wird ausgewertet und bei Änderungen eine Systemmitteilung in den Alarmpuffer eingetragen.

2. Bei einer „großen" Stationsabfrage, die in größeren Abständen durchgeführt wird, laufen je Station dieselben Funktionen ab. Zusätzlich werden aber noch alle als gestört gekennzeichneten Stationen abgefragt, damit ausgefallene Stationen nach Fehlerbeseitigung und Wiederanlauf wieder in das Verbundsystem eingegliedert werden können. Kommt bei einer Stationsabfrage überhaupt kein Kontakt zu allen anderen Teilnehmern zustande, so bricht die Datenbahnsteuerstation die Datenbahnsteuerung ab, und die Reserve-DSS wird aktiviert. Die Folge der Stationsabfragen wird abgebrochen, wenn von den Masterstationen Busanforderungen (durch Priorität) mitgeteilt werden. Sie wird wieder aufgenommen, nachdem alle Busanforderungen erfüllt wurden bzw. wenn ein definiertes Zeitintervall abgelaufen ist (Bild 4.111).

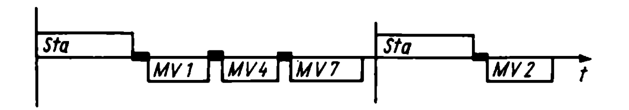


Bild 4.111. Zyklus der Datenbahnsteuerstation
Sta Stationsabfrage
MV *i* Mastervergabe an Master der Priorität *i*

Mastervergabe. Die Mastervergabe erfolgt prioritätsgerecht auf der Basis der bei der letzten Stationsabfrage erfaßten Datenübertragungsprioritäten. Bei gleicher Priorität ist die Reihenfolge in der Teilnehmertabelle entscheidend. Zur Masterübergabe wird an die betreffende Station der Aufruf „Busübergabe" gesendet. Als Quittung auf die Busübernahme wird von der Datenbahnsteuerstation der erste Stationsaufruf gewertet, mit dem der Master seinen Übertragungsvorgang eröffnet. Danach läuft in der Datenbahnsteuerstation eine Zeitüberwachung, die die Businanspruchnahmezeit kontrolliert und ggf. den Ausfall der betreffenden Masterstation registriert.

Liegen nach der Rückgabe der Bussteuerung weitere Busanforderungen vor, übergibt die Datenbahnsteuerstation den Bus an den nächstpriorisierten Master, sofern die seit der letzten Stationsabfrage vergangene Zeit einen Grenzwert nicht überschreitet. Ist dieses Limit erreicht, erfaßt die Datenbahnsteuerstation über eine Stationsabfrage den ggf. durch weitere Busanforderungen eingetretenen neuen Stand der Datenübertragungsprioritäten. Dieser ist die Grundlage für die weitere Mastervergabe. Sind alle Busanforderungen erfüllt, wird die Stationsabfrage gestartet (Bild 4.111). Wurde einem Master der Bus übergeben, kann dieser auch mit der Datenbahnsteuerstation Daten austauschen und z. B. über Schreiben auf die aktuelle Teilnehmerliste Stationen aus- oder eingliedern oder Reserveumschaltungen veranlassen. Außerdem wird aus der Datensteuerstation der Alarmpuffer ausgelesen. Zur Anzeige der Systemübersicht wird von dem betreffendem Pultsteuerrechner die Stationstabelle ausgelesen, in der die aktuelle Fehlersituation und der Status jeder Station im System abgelegt ist.

Uhr-Synchronisation. Die aktive Datenbahnsteuerstation führt die Systemuhr. Zur Synchronisierung wird die Uhrzeit zeitzyklisch per Sammeladressierung übertragen. Bei Anlauf der Datenbahnsteuerstation wird die Uhrzeit als gestört gemeldet. Sie kann vom Bediener am Bedienpult eingegeben werden und wird danach vom Pultsteuerrechner in die Datenbahnsteuerstation eingeschrieben.

Redundanzbetrieb. Bei Einsatz von zwei redundanten Datenbahnsteuerstationen sind diese sowohl über die Datenbahn als auch über die ZVE-PIO-Kopplung verbunden. Über die PIO-Kopplung werden Kontrollsignale ausgetauscht. Die Versorgung der redundanten Datenbahnsteuerstation mit den aktuellen Systemdaten (aktuelle Teilnehmerliste, Systemstatus) erfolgt durch die aktive Station über die Datenbahn nach Abschluß aller Mastervergaben. Empfängt die redundante Datenbahnsteuerstation weder Kontrollsignale noch Stationsaufrufe von der aktiven, so geht sie selbst in den aktiven Zustand über.
Abbruch der Datenbahnsteuerung. Der Abbruch der Datenbahnsteuerung führt zur Deaktivierung der Datenbahnsteuerstation und damit verbunden zur Umschaltung auf die Reservestation. Er wird verursacht durch fehlenden Datenübertragungskontakt in der Stationsabfrage oder durch Umschaltanweisung des Bedieners (eingegeben am Pultsteuerrechner und mit Schreibtelegramm an die Datenbahnsteuerstation übertragen).

4.5.4.3. Datenstrukturen

Neben Angaben zu Steuer- und Überwachungszeiten, die i. allg. nicht Gegenstand von Projektierungsleistungen, sondern fest vorgegeben sind, wird in der Datenbahnsteuerstation auf EPROM-Speicher die objektspezifische Struktur der Automatisierungsanlage in der generierten Teilnehmertabelle abgelegt. Außerdem ist anzugeben, ob bei Systemanlauf vorzugsweise der aktive oder der Reservezustand eingenommen wird.

Im RAM sind die aktuelle Teilnehmertabelle, die Stationstabelle und der Alarmpuffer die wesentlichsten Datenbereiche.

Die Stationstabelle enthält die verdichteten Statusinformationen des Systems. Für jede Station werden folgende Informationen geführt:

Stationsadresse
Stationsalarmkode (wird in der Datenbahnsteuerstation gebildet, enthält die Alarmstufe des Systemalarms)
Stationsstatus (abgefragt von den einzelnen Stationen, enthält unter anderem die Betriebsart der Station)
Stationspriorität (abgefragt von den Stationen, entspricht der Busanforderung)
Stationsfehlerkode (enthält die auf Fehlerklassen verdichteten Fehlermitteilungen aus den Stationen)
Datenübertragungsstatus und -fehlerkode (wird in der Datenbahnsteuerstation im Ergebnis der Stationsabfrage gebildet, enthält neben Angaben, auf welchen Datenbahnen zu der betreffenden Station Kontakt besteht, Informationen zur Überwachung der Busvergabe und Businanspruchnahme).

Der Alarmpuffer enthält für jeden Systemalarm einen Alarmblock mit Stationsadresse, Stationsalarmkode und Stationsstatus.

4.5.5. Software der Reserve-Basissteuereinheit

4.5.5.1. Softwarestruktur

Das *Betriebssystem* der Reserve-Basissteuereinheit erfüllt Aufgaben zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Großverbundanlagen. Über das Betriebssystem werden die gestützten Basissteuereinheiten in ihren Grundfunktionen überwacht, und im Störungsfall einer Basissteuereinheit übernimmt die Reserve-Basissteuereinheit deren gesamte oder durch Projektierung bestimmte Teilfunktion. In diesem Zustand unterscheidet sich die Reserve-Basissteuereinheit in ihren Automatisierungsfunktionen nicht von denen der gestützten Basissteuereinheit.

Die Reserve-Basissteuereinheit verfügt über ein festes Betriebssystem, d. h., seine Komponenten werden nicht objektabhängig zusammengefügt. Für den Einsatz dieser Einrichtung sind keine speziellen Softwarekenntnisse notwendig. Die Anpassung an die objektabhängigen

Anforderungen erfolgt über *Datenlisten*, die im Projektierungsprozeß über den Strukturierarbeitsplatz gewonnen werden. Diese Datenlisten werden zum einen auf Schreib/Lese-Speichern (RAM-Schaltkreise) abgelegt und sind zum anderen in Festwertspeichern (EPROM-Schaltkreisen) enthalten. Damit besteht auch die Möglichkeit, bei Inbetriebsetzung und beim Betreiben der Anlage Veränderungen in der Struktur und der Parameter in gleicher Weise wie bei der Basissteuereinheit vorzunehmen. Die Komponenten des Betriebssystems der Reserve-Basissteuereinheit sind im Bild 4.112 dargestellt.

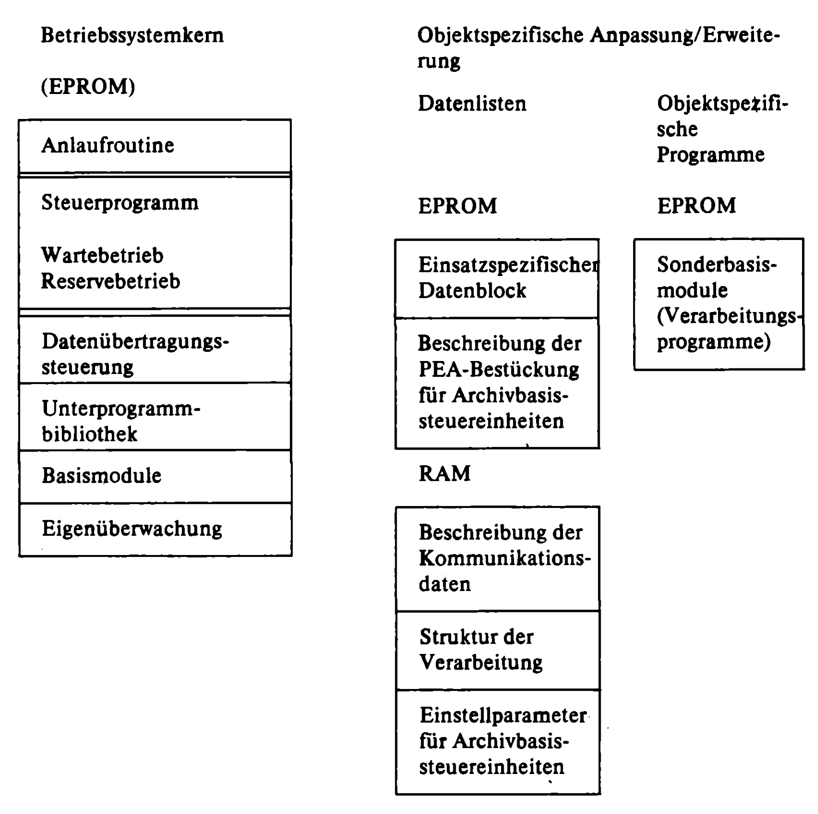


Bild 4.112. Komponenten des Betriebssystems der Reserve-Basissteuereinheit

Die Reserve-Basissteuereinheit enthält ständig alle Strukturlisten der gestützten Basissteuereinheiten. Die Anzahl der gestützten Basissteuereinheiten ist abhängig vom Umfang der zu stützenden Verarbeitungsketten je Basissteuereinheit und der Belastung des Datenübertragungssystems.

Je gestützte Basissteuereinheit kann eine variable Anzahl von Kommunikationsstellen redundant geschaltet sein. Zu diesen Kommunikationsstellen werden immer die vollständigen Verarbeitungsketten in die Reserve-Basissteuereinheit übernommen. Die Gesamtheit der Listen, die einer zu stützenden Basissteuereinheit zugeordnet sind, wird als Archiv-Basissteuereinheit bezeichnet. Maximal eine Archiv-Basissteuereinheit kann bei Ausfall aktiviert werden, d. h., die Archiv-Basissteuereinheit übernimmt dann im projektierten Umfang die Funktionen der ausgefallenen Basissteuereinheit.

Die Routinen zur Datenübertragungsorganisation realisieren die Verbindung mit den gestützten Basissteuereinheiten und der Datenbahnsteuerstation über die serielle Datenbahn. Neben den zyklischen Telegrammen zur Aktualisierung der Daten in den Archiv-Basissteuereinheiten entsprechend den Werten in den gestützten Basissteuereinheiten werden Informationen bei Um- und Rückschaltung ausgetauscht. Über den Ablauf der Datenübertragungen mit den gestützten Basissteuereinheiten wird gleichzeitig ein Umschaltkriterium gewonnen. Antwortet eine Basissteuereinheit mehrfach nicht auf die Anforderungen der Reserve-Basissteuereinheit, so erfolgt die Aktivierung der zugeordneten Archiv-Basissteuereinheit.

Eine besondere Bedeutung nimmt der Komplex zur Prozeßsignaleingabe und -ausgabe ein. An die Reserve-Basissteuereinheit sind alle Prozeßsignale der zu stützenden Funktionen angeschlossen. Die Ausgangssignalbaugruppen werden mehrfach genutzt. Die Umschaltung von Signalen der gestützten Basissteuereinheiten auf die Stellbefehle der Reserve-Basissteuereinheit erfolgt über Binärsignalausgabebaugruppen in der Reserve-Basissteuereinheit.

4.5.5.2. Steuerprogramm

Das Steuerprogramm der Reserve-Basissteuereinheit organisiert das Zusammenwirken der verschiedenen Betriebssystemkomponenten. Insbesondere werden durch das Steuerprogramm die verschiedenen Grundregime der Einrichtung festgelegt, deren wesentliche Merkmale im folgenden vorgestellt werden.

Wartebetrieb. In der Reserve-Basissteuereinheit sind die objektabhängigen Listen der zu stützenden Automatisierungsfunktionen eingelesen. Diese Listen werden aber nicht aktiviert, d. h. die Prozeßsignaleingabe und -ausgabe und die Verarbeitungsketten der Archiv-Basissteuereinheiten befinden sich im Ruhezustand. In dieser Phase aktualisieren die Archiv-Basissteuereinheiten die dynamischen Daten über die serielle Datenbahn. Im Abschn. 4.5.5.3. wird auf diese Funktion genauer eingegangen.

Außerdem überwacht die Reserve-Basissteuereinheit die redundant geschalteten Basissteuereinheiten. Ein Ausfall wird erkannt, wenn

a) das Kontrollsignal (Bild 4.113) von den gestützten Basissteuereinheiten einen 1/0-Übergang ausführt oder
b) die Datenübertragung zwischen Reserve-Basissteuereinheit und gestützter Basissteuereinheit mehrmals hintereinander gestört ist.

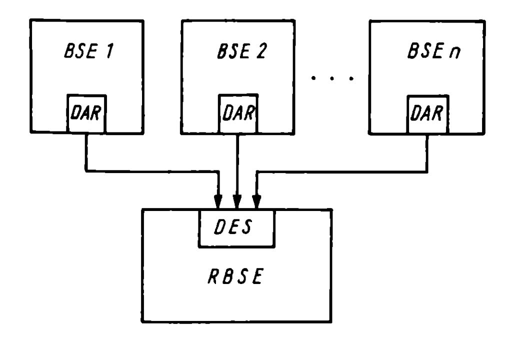


Bild 4.113. Kontrollsignalerfassung der Reserve-Basissteuereinheit

DAR ursadat 5000-Baugruppe Digitalausgabe Relais;
DES ursadat5000-Baugruppe Digitaleingabe; BSE Basissteuereinheit; RBSE Reserve-Basissteuereinheit

Tritt einer dieser Zustände auf, wird die Umschaltphase des Steuerprogramms eingenommen. Es werden alle Vorbereitungen getroffen, um die entsprechende Archiv-Basissteuereinheit bezüglich der Prozeßsignaleingabe und -ausgabe sowie der Verarbeitungsketten zu starten. Die Umschaltphase kann auch manuell über Bedienpult angestoßen werden.

Reservebetrieb. In diesem Grundregime hat die Reserve-Basissteuereinheit die Funktionen der ausgefallenen Basissteuereinheit übernommen. Dadurch, daß im Wartebetrieb für alle Ar-

chiv-Basissteuereinheiten eine ständige Aktualisierung der dynamischen Daten erfolgt, ist eine stoßfreie Umschaltung von Basissteuereinheit auf Reserve-Basissteuereinheit gesichert.

Im Reservebetrieb werden die projektierten Verarbeitungsketten in gleicher Weise wie bei der gestützten Basissteuereinheit realisiert.

Die Rückschaltung von Reserve- auf Wartebetrieb muß vom Bediener angewiesen werden. Das Steuerprogramm prüft jedoch vor der gewünschten Rückschaltung, ob alle Voraussetzungen für diesen Vorgang erfüllt sind.

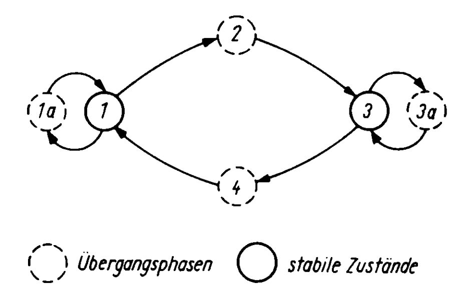


Bild 4.114. Zustandsgraph der Grundregime einer Reserve-Basissteuereinheit

1 Wartebetrieb; 1a Strukturieren aller Archiv-Basissteuereinheiten; 2 Umschaltphase; 3 Reservebetrieb; 3a Strukturieren der aktivierten Archiv-Basissteuereinheit; 4 Rückschaltphase

Bild 4.114 zeigt die Regime in einem Zustandsgraphen. Im Steuerprogramm der Reserve-Basissteuereinheit sind Betriebssystemkomponenten vom Pultsteuerrechner (Realisierung des Wartebetriebs) und der Basissteuereinheit (Realisierung des Reservebetriebs) kombiniert.

Änderungen der Verarbeitungsstruktur über Systemkommunikation sind in allen Archiv-Basissteuereinheiten bei Wartebetrieb möglich. Bei Reservebetrieb kann eine Umstrukturierung nur bezüglich der aktivierten Archiv-Basissteuereinheit vorgenommen werden.

4.5.5.3. Datenorganisation

Die Datenübertragung zwischen Reserve-Basissteuereinheit und gestützten Basissteuereinheiten ist eine wesentliche Voraussetzung für die stoßfreie Um- und Rückschaltung. Im Wartebetrieb aktualisiert zyklisch die Reserve-Basissteuereinheit die Datenfelder für die *Archiv-Basissteuereinheiten.* Zur Realisierung dieser Funktion wirkt die Reserve-Basissteuereinheit als Masterstation. Sie fordert von den durch sie gestützten Basissteuereinheiten die dynamischen Informationen aus den Kommunikationsblöcken an. Diese Informationen werden für analoge Kommunikationsblöcke mit einem Zyklus von 1 bzw. 2 s abgefragt. Für alle anderen Kommunikationsblocktypen beträgt die Aktualisierungszeit einheitlich 1 s. Um auch Zwischenwerte von Verarbeitungsketten zu aktualisieren, ist objektabhängig in der Projektierungsphase festzulegen, welche Merker oder Teile des Prozeßabbilds (Ausgabe) zu übertragen sind. Das trifft insbesondere für Ausgänge von Basismodulen mit integralen Funktionen zu.

Die Datenübertragung zwischen Reserve-Basissteuereinheit und gestützten Basissteuereinheiten wird über die Prozeduren Schreiben und Lesen (s. Abschn. 4.1.5.) abgewickelt. Um den zur Verfügung stehenden Datenübertragungszeitfonds möglichst effektiv zu nutzen, ist es günstiger, eine größere Gruppe von Basissteuereinheiten mit jeweils weniger Kommunikationsstellen redundant zu schalten als nur wenige Basissteuereinheiten mit vielen Kommunikationsstellen. Genaue Aussagen über die Belastbarkeit des Datenübertragungssystems und der damit verbundenen minimalen Aktualisierungszyklen sind nur durch Simulationsrechnungen für die objektspezifischen Bedingungen zu gewinnen.

Vor der Rückschaltung von aktivierter Archiv-Basissteuereinheit (Reservebetrieb) auf die entsprechende Basissteuereinheit werden die aktuellen Kommunikationsblockdaten sowie die zusätzlich projektierten Zwischensignalwerte an die Basissteuereinheit übertragen. Dadurch ist eine stoßfreie Rückschaltung gewährleistet.

Die Um- oder Rückschaltung meldet die Reserve-Basissteuereinheit an die Datenbahn-

steuerstation, von der an alle Stationen nach vollzogener Um- bzw. Rückschaltung ein entsprechendes Telegramm gesendet wird. Nach einer Umschaltung ist dadurch der Zugriff aller steuernden Stationen zu der aktivierten Archiv-Basissteuereinheit wie zu der ausgefallenen Basissteuereinheit gesichert.

4.5.6. Wartenrechnerkoppeleinheit

Das Softwaresystem der Wartenrechnerkoppeleinheit besteht aus den Programmkomplexen

Steuerprogramm
Zentralroutinen
Datenübertragung zum Wartenrechner und zur Anlage
ereignisorientiertes Lesen und Schreiben
zyklisches Lesen.

Steuerprogamm. Das Steuerprogramm ist eine für die funktionellen Belange der Wartenrechnerkoppeleinheit generierte Version eines universellen Echtzeitsteuerprogrammsystems. Es besteht aus folgenden Komponenten:

Anlauforganisation
Datenübertragungsbehandlung
Initialisierung der Datenverarbeitungsperipherie
Interruptorganisation
Ruforganisation
Vorrangorganisation
Zeitorganisation
Behandlung Start/Stack-Tabellen

Zentralroutinen. Die Zentralroutinen beinhalten

Anlauf der Wartenrechnerkoppeleinheit
Überwachung der Wartenrechnerkoppeleinheit
Verwaltung des Einheitsstatus.

Mit der Anlaufroutine werden zunächst die RAM-Bereiche vorbereitet und die Datenübertragung zur Anlage initialisiert. Alle zyklisch zu aktivierenden Programme werden in die Zeitorganisation eingereiht.

Die Eigenüberwachung führt Speichertests durch und kontrolliert die Aussetzungszeiten der Programme, die durch Datenübertragung unterbrochen werden. Sind Fehler erkannt, werden Kennungen im Fehlerstatusblock eingetragen, die ein Programm zur Verwaltung des Einheitenstatus auswertet. Diese Auswertung des Einheitenstatus erfolgt zyklisch mit dem Uhrtakt alle 10 ms. Bei der Erkennung eines schwerwiegenden Fehlers geht die Wartenrechnerkoppeleinheit in den dynamischen Halt. Der Zugriff der Datenübertragung zur Wartenrechnerkoppeleinheit bleibt dabei erhalten.

Ereignisorientierter Betrieb. Vom Wartenrechner wird ein Anforderungstelegramm zum Lesen oder Schreiben von Daten aus der bzw. in die Basissteuereinheit an die Koppeleinheit-Wartenrechner gesendet. In der Wartenrechnerkoppeleinheit werden Aktionsroutinen gestartet,

die das Anforderungstelegramm auf Fehlerfreiheit überprüfen
den Status der Wartenrechnerkoppeleinheit auf Fehlerfreiheit kontrollieren
die Freigabe nachgelagerter Auswerteprogramme prüfen
die Bereitschaft zur Datenübertragung zur Anlage testen.

Bei Fehlerfreiheit wird das Anforderungstelegramm in einen Puffer geschrieben und das zugeordnete Bearbeitungsprogramm gestartet. Im Fehlerfall wird mit einem Fehlertelegramm an den Wartenrechner geantwortet und die Bearbeitung abgebrochen. Bei einer Leseanforderung wird das Telegramm aufbereitet und an die angeforderte Basissteuereinheit gesendet. Das Be-

arbeitungsprogramm wird unterbrochen und wartet auf die angeforderten Daten. Nach Eintreffen der Daten wird das Programm fortgesetzt und zunächst überprüft, ob die Datenübertragung fehlerfrei verlaufen ist. Bei Fehlerfreiheit wird an den Wartenrechner eine Information gesendet, die die Adresse des Empfangspuffers und Anzahl der gelesenen Bytes enthält. Der Wartenrechner kann die angeforderten Daten dann direkt aus der Koppeleinheit auslesen. Im Fehlerfall erhält der Wartenrechner eine Fehlerinformation. Das Bearbeitungsprogramm wird danach beendet. Bei einer Schreibanforderung wird das Telegramm ebenfalls aufbereitet und an die Basissteuereinheit gesendet. Bei fehlerfreier Übertragung erhält der Wartenrechner eine Information über die ordnungsgemäße Abwicklung der Anforderung.

Zyklisches Lesen. Zyklisch zu lesende Daten sind Werte aus Kommunikationsblöcken der Basissteuereinheit mit unterschiedlichen Zykluszeiten (maximal vier Zykluszeiten). Die Zyklen und die zu lesenden Daten müssen bei Inbetriebnahme bzw. Wiederanlauf der Wartenrechnerkoppeleinheit durch Anwahlstarttelegramme des Wartenrechners vereinbart werden. Durch den Wartenrechner kann jeweils nur ein Anwahlstarttelegramm für eine Basissteuereinheit innerhalb eines der vier möglichen Zyklen an die Wartenrechnerkoppeleinheit abgesetzt werden. Erst nach Erhalt einer Quittung zum erfolgreichen oder erfolglosen Durchschalten des Anwahlstarttelegramms an die betreffende Basissteuereinheit kann der Wartenrechner mit dem Absetzen eines neuen Anwahlstarttelegramms beginnen. Die Bearbeitungsprogramme für die unterschiedlichen Zyklen werden durch eine Startorganisation zu äquidistanten Zeitpunkten zum Start angemeldet. Die Bearbeitungsprogramme haben die Aufgaben,

- mit jedem Aufruf Daten aus den Basissteuereinheiten der Anlage zu übernehmen und in das Prozeßabbild der Wartenrechnerkoppeleinheit als zentrale Datenschnittstelle zum Wartenrechner einzutragen

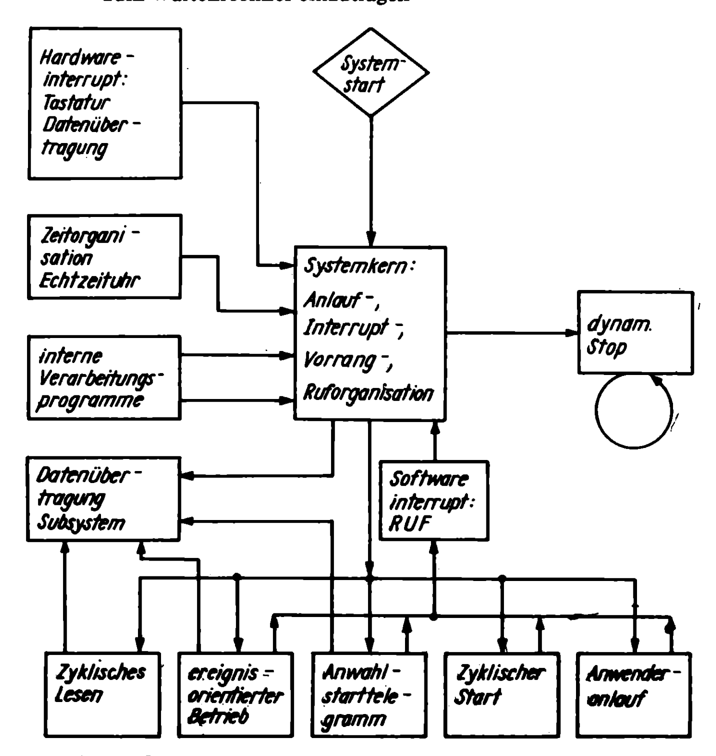


Bild 4.115. Softwarestruktur der Wartenrechnerkoppeleinheit

- mit jeder Prozeßabbildaktualisierung für jeden spezifischen Datenblock die entsprechende Systemuhrzeit der Wartenrechnerkoppeleinheit und die aktuelle Fehlererkennung einzutragen.

Die durch Uhrzeit und Fehlerbyte für jede Basissteuereinheit komplettierten Daten werden durch den Wartenrechner zyklisch aus dem Prozeßabbild der Koppeleinheit ausgelesen.

Das Prinzip der Softwarestruktur der Wartenrechnerkoppeleinheit ist im Bild 4.115 dargestellt.

4.5.7. Wartenrechner

Für den Wartenrechner wird ein modular aufgebautes Steuerprogrammsystem bereitgestellt, das optimal an den jeweiligen Einsatzfall des Wartenrechners angepaßt werden kann. Neben schnellen Reaktionszeiten auf Echtzeitanforderungen sind Möglichkeiten zur Multiprogrammierung, Datenorganisation und Dateischutz gegeben. Das Softwaresystem bietet folgende Leistungskomplexe:

Speicherverwaltung. Eine Task, d. h. eine abarbeitbare Programmeinheit, wird in einem zusammenhängenden Speicherbereich abgearbeitet. Sämtliche Beziehungen zwischen Task und zuzuweisendem Speicherbereich werden von diesem Softwarekomplex geregelt.

Programmorganisation. Dieser Softwarekomplex koordiniert die Abarbeitung der Task, wobei die Systemleistungen effektiv genutzt und kurze Antwortzeiten auf Echtzeitanforderungen erreicht werden. Eine Task, für die eine Startanforderung vorliegt, bewirbt sich auf der Grundlage ihrer Priorität um ihre Abarbeitung. Sobald die von ihr benötigten Systemleistungen (genügend Speicherbereich im Hauptspeicher vorhanden, Verfügbarkeit der Eingabe/Ausgabe-Operation) möglich sind, wird sie abgearbeitet. Die Priorität einer Task wird durch eine ganze Zahl zwischen 1 und 250 bestimmt. Es wird bei vorliegender Startanforderung die Task mit höchster Priorität bearbeitet. Befindet sich diese Task im Wartezustand (Eingabe/Ausgabe-Übertragung), werden Task mit nächstniederer Priorität bearbeitet.

Gerätebedienung. Für das Bedienen der Datenverarbeitungsperipherie stehen Treiberroutinen zur Verfügung, die von den Task aufgerufen werden können.

Dateiorganisation. Zur Verwaltung von Dateien auf Magnetplatten und -bändern steht ein Satz von Routinen zur Verfügung. Datenträger, zu denen zugegriffen werden soll, müssen besonders formatisiert sein. Jeder Nutzer kann sich mittels eines Kommandos Nutzerdateien aufbauen.

Bedienung. Der Bediener kann mittels Kommandos, die über ein Bediengerät eingegeben werden, mit dem Steuerprogrammsystem verkehren. Es besteht Zugriff zu folgenden Leistungen:

Steuerung der Taskabarbeitung
Abfordern von System- und Taskinformationen
Verwaltung der peripheren Geräte.

Außerdem werden Fehlerregistrierung zur Wartungsunterstützung, Restartunterstützung nach Netzausfall und Maßnahmen zum Speicherschutz angeboten.

Die Generierung des Steuerprogrammsystems wird entsprechend den speziellen Anforderungen des Anwenders (Generierungsangaben) vorgenommen. Die Anwenderprogramme zur Realisierung der Verarbeitungsfunktionen des Wartenrechners in der technologischen Anlage sind objektbezogen zu programmieren.

4.6. Systemkommunikation

4.6.1. Kommunikation mit der Automatisierungsanlage

Automatisierungssysteme auf Mikrorechnerbasis sind durch die Möglichkeiten der digitalen Verarbeitung, Speicherung und Übertragung zugleich als selbstdokumentierende Systeme gestaltet. Mit den Funktionseinheiten ist daher ein Dialogbetrieb zur Systemkommunikation möglich. Es können sowohl Daten zur Meßwertverarbeitung und Parametrierung als auch Daten zum aktuellen Zustand der Automatisierungsanlage und jeder einzelnen Funktionseinheit angewählt werden. Die Systemkommunikation erlaubt wie bei konventionellen Anlagen die Änderung von Sollwerten, Parametern und alternativen fest vorgegebenen Steuerungsabläufen. Darüber hinaus sind in hohem Maße auch Änderungen der Meßwertverarbeitung möglich, die bei konventionellen Anlagen nur durch gerätetechnische Umgestaltung realisiert werden können (Tafel 4.54).

Tafel 4.54. Variabilität der Automatisierungsanlage durch Systemkommunikation

Automatisierungsfunktion	Variabilität in der Anlage konventionell	mit Mikrorechnern
Anzeigebereich/Grenzwerte/Sollwerte/Betriebsart	Einsteller am Anzeige- oder Leitgerät	Prozeßkommunikation
Steuerungsfunktion	geräte- und schaltungstechnisch	Prozeßkommunikation und Systemkommunikation
Meßwertverarbeitung: Korrigieren/Radizieren/Verzögerung/Aufschaltung/Regelung	geräte- und schaltungstechnisch	Systemkommunikation: Verarbeitungskette/Signalzuordnung im Kennwertsatz
Verarbeitungsparameter: Konstanten	Schaltungsprogrammierung/Einsteller am Gerät	Systemkommunikation: Parameter
Bedienfelder und Wartengestaltung	Anlagenkonstruktion/Schrankfertigung	Systemkommunikation: Konfigurierung von Anzeigefunktionen
Kommunikationsstellen/Anzeigefunktion	geräte- und schaltungstechnisch mit Leit-, Anzeige- und Registriergeräten	Systemkommunikation: Einfügen, Streichen, Änderung
Informationseingabe und -ausgabe	geräte- und schaltungstechnisch	geräte- und schaltungstechnisch Firmware-Änderung
Automatisierungsanlagenzustand	Projektierung zusätzlicher Anzeige- und Alarmeinrichtungen	Zustandsanzeige im Systemstandard integriert

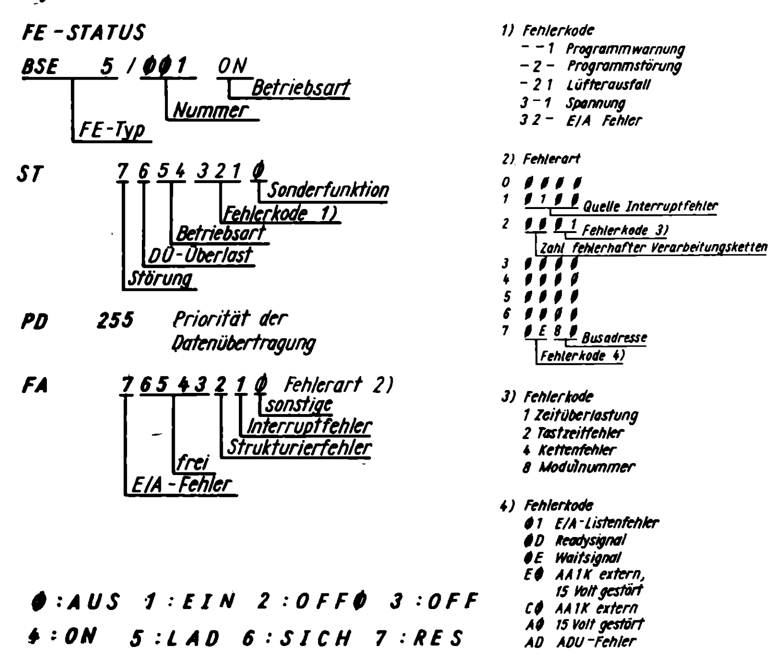
4.6.2. Funktionseinheitenstatus und Inbetriebnahme

Auf Anwahl werden eine Übersicht über die Funktionseinheiten und ihr Schaltzustand angezeigt. Durch Bedienerführung wird der Status jeder einzelnen Funktionseinheit erreicht (Tafel 4.55). Aus diesem Statusbild können Informationen zu Gerätefehlern, unzulässigen Zuständen in Listen und Programmen und Aussagen zur Datenübertragung abgelesen werden.

Über diese Systembilder erfolgt außerdem die Bedienhandlung zum Erstanlauf und Wiederanlauf der Einheiten.

In der unteren Zeile (s. Tafel 4.55) sind den im Dialog möglichen Bedienhandlungen Ziffemtasten zugeordnet. Drei Positionen enthalten die Umschaltung in die Betriebsarten off 0, off line und on line. Mit der Bedienfunktion „Laden“ werden die objektspezifischen Daten in den Operativspeicher gelesen; mit „Speichern“ wird die Ausgabe der aktuellen Daten auf Magnetbandkassette angewiesen. Der Rechneranlauf beginnt nach dem Einschalten mit einer Testroutine zur Speicherprüfung. Danach sind alle Einheiten kommunikationsfähig. Nach dem Laden sind die Funktionseinheiten betriebsbereit.

Tafel 4.55. Funktionseinheitenstatus



4.6.3. Konfigurierung von Anzeigefunktionen

Die Zusammenstellung der Kommunikationsstellen zu Bediengruppen und ihre Zuordnung zur Anlagenübersicht läßt sich wahlfrei organisieren und ändern. Grundlage der Klartextinformation in den Darstellungen sind Textspeicher, die in elf funktionsorientierte Wörterbuchlisten (Tafel 4.56) gegliedert sind. Zur Übersicht für die Konfigurierungshandlungen können die Wörterbücher auf dem Bildschirm angezeigt werden. Die Wörterbücher 9 und 10 sind variabel. Die anderen Textfolgen werden bei der Projektierung vereinbart. Die Festlegung von Gruppenbezeichnungen erfolgt entsprechend dem Bedienablauf im Bild 4.116. Die Bezeichnungen der acht Übersichten werden durch Zugriff auf die Wörterbücher 1 bis 4 gebildet.

Tafel 4.56. Wörterbuchlisten zur Klartextausgabe

Nr.	Kurz-zeichen	Anwendung	Wort-zahl (max.)	Zeichen-zahl	Art
0	BZLA	Bezeichnung der Lampenfelder binärer KOMS	16	3 × 3	fest
1	WRT 4	technologische Bezeichnung der KOMS und Übersichten	254	4	fest
2	WRT 6		254	6	
3	WRT 8		254	8	
4	WRT 12		128	12	
5	POMA	Buchstabenteil der problemorientierten KOMS-Nummer	128	4	fest
6	DIMT	Dimension	128	6	fest
7	PROG	Programmnamen der Basissoftwaremodule	40	4	fest
8	TEXT	Alarmzustände der KOMS	64	7 × 3	fest
9	MGBZ	Gruppenbezeichnung	240	4	variabel
10	UEBZ	Übersichtsbezeichnung	vier Wörter aus WB 1-4 (max. 30 Zeichen)		

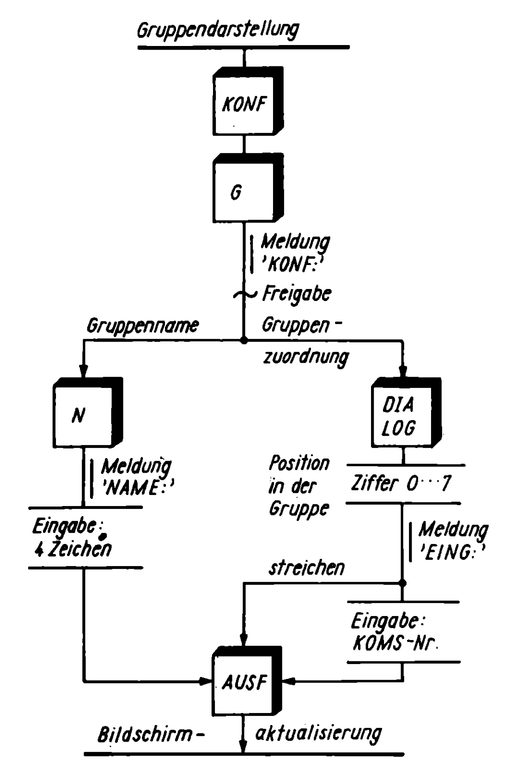


Bild 4.116. Konfiguration von Gruppen und Übersichten

4.6.4. Konfigurierung von Kommunikationsstellen

Durch Speicherung der Daten zur Prozeßsignalverarbeitung auf Schreib/Lese-Speichern sind neben der Änderung von Anzeigefunktionen auch das Schreiben und Einfügen von Kommunikationsstellen sowie die Änderung ihrer Verarbeitungsfunktion möglich. In den Bildern 4.117 und 4.118 ist der Bedienablauf für alle Möglichkeiten der Neukonfigurierung und Änderung dargestellt.

Der linke Zweig im Bild 4.117 zeigt die Neueingabe einer Kommunikationsstelle. Über die Nummer der Basissteuereinheit und die interne Meßstellennummer (IMEN) wird auf die Basissteuereinheit zugegriffen. Zur Beschreibung der Kommunikationsstelle sind der Name, der Typ und die charakteristischen Steuerdaten für die Prozeßkommunikation zu definieren, die zum „Kommunikationsblock" zusammengefaßt sind.

Die Steuerdaten können nach Anwahl über E (rechter Zweig) auch beliebig geändert werden. Der Bildschirmdarstellung (Tafel 4.57) entsprechend ist der Kommunikationsblock für analoge Größen in Tafel 4.58 erläutert. Die Werteingaben für die Konfigurationsdaten werden wie bei der Prozeßkommunikation vorgenommen. Bei binären Kommunikationsstellen können zusätzlich vier Größen als Analogwert, Zähler oder Zustandsanzeige vereinbart werden.

Zur Eingabe und Änderung der Verarbeitungskette ist nach Bild 4.118 zu verfahren. Die

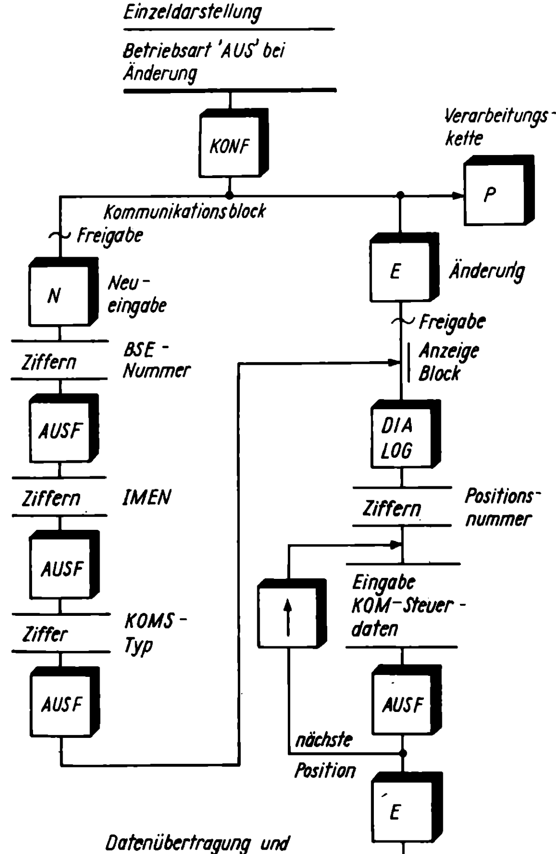


Bild 4.117. Konfiguration einer Kommunikationsstelle

BSE Basissteuereinheit
IMEN interne Meßstellennummer
KOMS Kommunikationsstelle

Tafel 4.57. Kommunikationsblock für analoge Größen mit Änderungsanweisung (Bildschirmanzeige)

```
KONF:
00     BSE:   0
01    IMEN:  32
02     POM:   9 02404     FIRC     2403
03    ALGR: 002          003
04    MBZ1: 3    4        3   3   HEIZGAS
05    MBZ2: 4   33        -
06    MBZ3: 2    6
07    MBZ4:
08    TEXT:   0
09    BA-M: --54-2-0
10    TAZT:   5
11    DIMT:   2             4   M3/H
12      MB:    0.     6200.    0.     8580.
13    UEMA:    2000.      2500.
```

Tafel 4.58. Steuerdaten zur Darstellung der analogen Kommunikationsstelle

Pos.	Kurztext	Erläuterung
00	BSE	BSE-Nummer
01	IMEN	interne Meßstellennummer, Zählnummer in der BSE
02	POM	alphabetischer Teil der KOMS-Nummer, Wort aus Wörterbuch 5
03	ALGR	Alarmgruppennummer, anzuzeigende Gruppennummer im Alarmprotokoll zur direkten Anwahl
04	MBZ1	vier Wörter der technologischen Bezeichnung,
05	MBZ2	wählbar aus den Wörterbüchern 1 bis 4, max. 30 Zeichen
06	MBZ3	
07	MBZ4	
08	TEXT	Textbezeichnung für Alarmzustände aus Wörterbuch 8
09	BA-M	Betriebsartmaske zur Festlegung der für die KOMS mögliche Betriebsart, z. B. Messung, Hand, Automatik
10	TAZT	Tastzeit, Zykluszeit der Bearbeitung in der BSE als Vielfaches vom Grundtakt
11	DIMT	Dimension, Wort aus Wörterbuch 6
12	MB	Meßbreich, Anfang und Ende
13	UEMA	Übersichtsmaßstab, Wert für die Anzeige der größten Abweichung in der Übersicht

einzelnen Basissoftwaremodule werden in der Abarbeitungsreihenfolge dargestellt und können gelöscht oder anhand der katalogisierten Modulnummer eingefügt werden. Nach erfolgter Datenübertragung wird die aktualisierte Verarbeitungskette dargestellt, und weitere Strukturänderungen bzw. die Festlegung der Kennwerte für den Basismodul können vorgenommen werden. Die Kennwerte werden nach Anwahl über die Dialogposition angezeigt (Tafel 4.59).

Eingangssignale sind mit E, Ausgangssignale sind durch A, Parameter durch P und ein evtl. vorhandener Fehlerkode mit C gekennzeichnet. Zur Eingabe von Signalen für die Ein- und Ausgänge werden funktionsorientierte Mnemoniks für den Karteneinschub verwendet. Mit der Karten- und Kanalnummer und der Bitadresse bei Binärsignalen ist das Prozeßsignal adressiert (Tafel 4.60). Signale von Kommunikationsblöcken werden mit der KOMS-Nummer und den Datentypen oder einem festgelegten Buchstaben definiert.

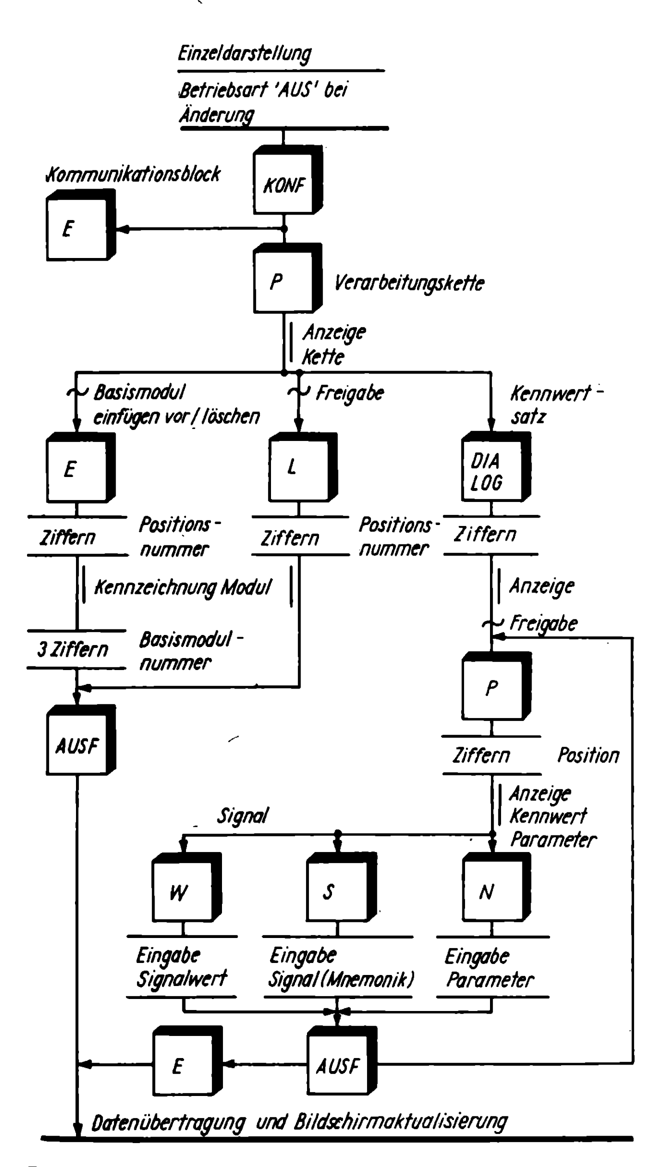


Bild 4.118. Konfiguration einer Verarbeitungskette

Tafel 4.59. Kennwertsatz des Basissoftwaremoduls PVNL – Primärverarbeitung nichtlinear (Bildschirmanzeige)

00	PVNL
00	C 7E
01	E AE 2 2
02	EF
03	EF
04	A FIC 02404
05	P .0000
06	P .9999
07	P .0825
08	P .5000
09	P 5
06	P .9999 *.4250

Tafel 4.60. Mnemoniks zur Adressierung der Ein- und Ausgänge der Basissoftwaremodule

Signal	Mnemonik
Prozeßsignale	
Analogeingang	AE
Analogausgang 1kanalig	AA1
Analogausgang 5kanalig	AA5
Impulseingang	IE
Impulsausgang	IA
Binäreingang	BE
Binäreingang multiplex	ME
Binärausgang	BA
Zugriff auf Daten der Kommunikationsblöcke (außer Datentyptasten)	
Istwert	I
Tastzeit	T
Rückmeldung	R
Voreinstellwert	V
Zähler	Z
Neustartbyte	2
Betriebsartenbyte	B
Grenzwert/Prozeßstatus	G
Übersichtsbyte	U
Verriegelung	E
Zugriff auf Merker	
analoge Merker	AM
binäre Merker	BM

4.6.5. Systemkommunikation der autonomen Automatisierungseinrichtung

Die Systemkommunikation bei autonomer Automatisierung gleicht prinzipiell der Verbundanlage. Je nach Konfiguration ergeben sich jedoch Einschränkungen. Meist werden die funktionsbestimmenden Daten nicht von einer Magnetbandkassette geladen, sondern bei Rechneranlauf vom ROM-Speicher umgeladen. Dem Vorteil des schnellen Systemanlaufs steht der Nachteil entgegen, daß bei bleibenden Struktur- und Kennwertänderungen der ROM-Speicher neu zu programmieren ist.Zur Systemkommunikation werden der Kontrollmodul bei der Parallelbedienvariante sowie Tastatur und Schwarzweißbildschirm bei der seriellen Bedienvariante eingesetzt.

Der Kontrollmodul ist mit dem Tastatur- und Anzeigevorsatz ausgerüstet. Er führt folgende Funktionen aus:

Anzeige der prozeß- und rechnerinternen Verarbeitungsgrößen
Korrektur der prozeß- und rechnerinternen Verarbeitungsgrößen
Speicherzugriff (Lesen, Schreiben)
Initialisierungsstart
Statusumschaltung der autonomen Automatisierungseinrichtung
Fehleranzeige.

Bei der seriellen Bedienvariante erfolgt eine Doppelnutzung des Bildschirms zur Prozeß- und

Systemkommunikation, da der Bildschirm ebenfalls ein günstiges Arbeitsmittel zur Systembedienung ist.

Dazu wird der Bildschirm standardgemäß in verschiedene Bereiche geteilt (Bild 4.119).

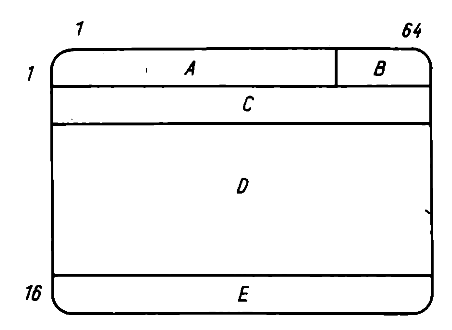


Bild 4.119. Bereichseinteilung des Schwarzweißbildschirms bei der autonomen Automatisierungseinrichtung

Bereich A Bezeichnung der Darstellung; Bereich B Uhrzeit/Datum; Bereich C Alarmzeile bei On-line-Betrieb; Bereich D Systemkommunikation/Prozeßdarstellung; Bereich E Kommunikationszeile

Zur Systembedienung wird je nach Umfang der erforderlichen Anzeige die Kommunikationszeile und der Bereich IV des Bildschirms benutzt.

Wird nur die Kommunikationszeile zur Systemkommunikation benutzt, so wird weiterhin die angewählte Prozeßdarstellung (Übersichts-, Gruppen- und Einzelbild) dargestellt und aktualisiert.

Folgende Generierhandlungen sind dabei möglich:

Anzeige und Eingabe von Werten über Nummernanwahl
Anzeige und Eingabe von maximal 5 Byte über Adreßanwahl
Generierung der Meßstellengruppen der Bildschirmdarstellung.

Wird der Bereich IV des Bildschirms auch zur Systembedienung genutzt, so ist keine Prozeßbedienung mehr möglich.

Die Systemkommunikation umfaßt folgende Funktionen:

Anzeige des Status der Basissteuereinheit
Anzeige und Eingabe von Werten in das Prozeßabbild und in Merkern
Anzeige und Eingabe von Werten in die Kommunikationsblöcke
Anzeige und Eingabe von Kennwerten in die Basissoftwaremodule
Anzeige von Werten entsprechend generierter Liste.

Diese Systemfunktionen sind nur in der Betriebsart off line erlaubt.

4.7. Verfügbarkeitserhöhende Maßnahmen

4.7.1. Zielstellung

Automatisierungseinrichtungen mit funktionell dezentralen Mikrorechnern erlauben nicht nur erweiterte und komplexere Automatisierungsfunktionen, sondern eröffnen auch neue Möglichkeiten der Eigenüberwachung, Fehlerlokalisierung und Fehlertoleranz [4.50].

Mit der freien Programmierbarkeit der Mikrorechner ergibt sich bei der Realisierung der Regel- und Steuerfunktionen eine außerordentliche Freizügigkeit, so daß jede Automatisierungsanlage im Prinzip vollständig auf die technologische Anlage mit der notwendigen Genauigkeit abgestimmt werden kann. Wegen des großen Aufwands für Entwurf, Programmierung, Test und Echtzeitsimulation ist beim jetzigen Stand der Hilfmittel die ideale Anpassung unwirtschaftlich.

Mit wachsender Komplexität der Automatisierungsfunktionen nimmt ohne besondere Maßnahmen die Verfügbarkeit ab. Dem wird begegnet mit

besseren Bauelementen
einer genauen Erfüllung der Systemfunktion
sorgfältiger Prüfung von Bauteilen und Programmen
Aufbau der Leittechnik nach ergonomischen Gesichtspunkten
systematischer und vollständiger Anlagendokumentation
Training des Bedienpersonals
überschaubarem Ersatzteilstock.

Diese Maßnahmen reichen aber zur Sicherung der Anlagenverfügbarkeit nicht aus. Mit der Bildung von Redundanzen bei der Automatisierungsanlage werden fehlertolerante Anordnungen realisiert.

Die vielfältigen Formen geräte- und programmtechnischer Möglichkeiten der *Redundanzbildung* lassen sich nach unterschiedlichen Ordnungen gliedern [4.51]:

Nach dem Prinzip der Fehlerkompensation wird zwischen statischer und dynamischer Redundanz unterschieden. Die statische (Maskierungs-)Redundanz wird durch Auswahl von übereinstimmenden Werten aus gleichartigen Einheiten, im einfachsten Fall aus einer 2-aus-3-Auswahl, gebildet, wobei der am meisten abweichende Wert maskiert wird. Bei dynamischer (passiver) Redundanz wird im Fehlerfall auf eine Reserveeinheit umgeschaltet (Bild 4.120). Dabei ist festzustellen, daß die Zuverlässigkeit durch die Umschalteinrichtung wieder verringert wird.

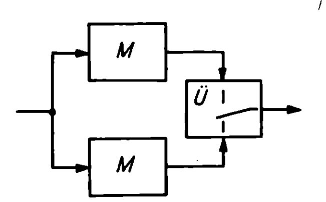


Bild 4.120. Passive Redundanz
M Verarbeitungsmodul; Ü Überwachung und Umschaltung

Nach der Funktion im fehlerfreien Fall steht der blinden Redundanz, bei der die redundante Einrichtung keine eigene Funktion erfüllt, die funktionsbeteiligte Redundanz gegenüber (Bild 4.121).

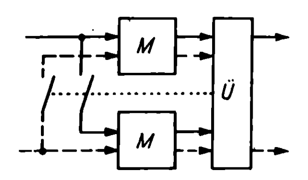


Bild 4.121. Funktionsbeteiligte Redundanz
M Verarbeitungsmodul; Ü Überwachung und Umschaltung

Jede der Einheiten M erfüllt eigene Aufgaben. Im Fehlerfall wird die jeweils andere Einheit M durch den Überwacher mit einem zusätzlichen Anforderungsstrom belastet. Diese Arbeitsweise setzt freie oder frei zu machende Kapazität in beiden Verarbeitungseinheiten voraus, die mit einer Klasseneinteilung (Prioritätseinteilung) der Anforderungen erreicht wird. Grob lassen sich die Verarbeitungsfunktionen einteilen in

- unbedingt notwendige (A)
- durch Parametrierung, z. B. größere Abtastzeiten, vereinfachter und damit kürzerer Algorithmus, in der Leistung variabel (B)
- für den Betrieb der Anlage nicht unbedingt notwendig, z. B. über einen längeren Zeitabstand aussetzbar, Messung von Langzeitänderung, Optimierung (C).

Die Verfügbarkeit

$$V = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}},$$

MTBF mean time between failures (mittlere Funktionszeit)
MTTR mean time to repair (mittlere Ausfallzeit durch Reparatur- und Instandhaltung)
wächst bezogen auf die Gruppen A und B durch die kleinere MTTR zum Nachteil der Gruppe C.

Eine weitere Untergliederung ergibt sich aus der Art der Zuordnung redundanter Einrichtungen.

Die *feste (lokale) Redundanz* bedeutet eine eindeutige Zuordnung der redundanten Einrichtung zu der Einrichtung, deren Funktion übernommen werden soll. Bei *gleitender (globaler) Redundanz* teilen sich mehrere Einheiten in die zu übernehmenden Funktionen, und die spezielle Festlegung der Funktionsaufteilung erfolgt erst im Fehlerfall nach den bestehenden Möglichkeiten im Gesamtsystem.

Die gleitende Redundanz sowohl in der blinden als auch in der funktionsbeteiligten Form wird mit dem Einsatz gekoppelter Mikrorechner realisierbar und zunehmend angewendet. Diese anspruchsvolle Maßnahme bedeutet einen nicht zu unterschätzenden Aufwand sowohl bei der mehrfachen Aufschaltung der Prozeßsignale als auch bei der Einbindung der latenten (zu übernehmenden) Funktionen in die einzelnen Einrichtungen. Die latenten Funktionen sind dabei entweder fest vorgegeben mit einem Mehraufwand an Speicherplatz, oder sie werden dynamisch verteilt bei zusätzlicher Belastung der Datenübertragung.

Beim *Entwurf von fehlertoleranten Anordnungen* müssen abgesehen von der Wirtschaftlichkeit drei globale Kriterien [4.50] untersucht und angepaßt werden:

1. die Verarbeitungsleistung der durch das Warteschlangenmodell beschriebenen Warte- und Bedienzeiten für deterministische und stochastische Anforderungsströme (Echtzeitanforderung)
2. die Fehlerdiagnostizierbarkeit über den Mengen der Hardware- und Softwarebausteine, der möglichen Fehler und der Fehlertests, damit die Beeinflussung der Reparaturzeit
3. die ausreichende Zuverlässigkeit, wobei auf der Grundlage des Zuverlässigkeitsnetzes die strukturbedingte Empfindlichkeit und die bauteilbedingte Fehlerwahrscheinlichkeit behandelt wird.

Die Automatisierungsfunktion erfordert sowohl bei der Dateneingabe und -ausgabe als auch bei der Prozeßsignalverarbeitung eine bestimmte Leistung. Bei einem Warteschlangenmodell (Bedienmodell) resultiert der Ergebnisstrom aus dem Zeit- und Schaltverhalten des Automaten bezüglich des Anforderungsstroms (Bild 4.122).

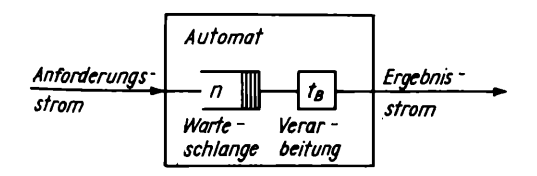


Bild 4.122. Element eines Bedienmodells
n Zahl der Warteplätze; t_B Bediendauer

Die Bediendauer einer Anforderung ist abhängig von der ggf. priorisierten Einordnung in die Warteschlange und von der Verarbeitungszeit. Das Aufrufintervall der Anforderungen kann teils determiniert, teils stochastisch sein. Im Bild 4.123 ist ein vereinfachtes Bedienmodell der Basissteuereinheit dargestellt mit priorisierten Warteschlangen für die einzelnen Funktionen.

Ziel von Modellrechnungen ist die Verweilzeit der Anforderungen, die Bedienqualität und der Verlust von Anforderungen bzw. die zeitliche Auslastung der Rechner.

Die Erzielung einer niedrigen MTTR hängt von einer schnellen *Fehlererkennung und Fehler-*

diagnose ab. Ein System ist nach [4.50] dann *n*-Fehler-diagnostizierbar, wenn mit dem Ablauf einer Testmenge T_i exakt alle Fehler bzw. ausgefallenen Module M_i ermittelt werden, falls die Anzahl der Fehler *n* nicht überschreitet. Die Modellierung der Diagnostizierbarkeit erfolgt mittels gerichteter Graphen (Bild 4.124).

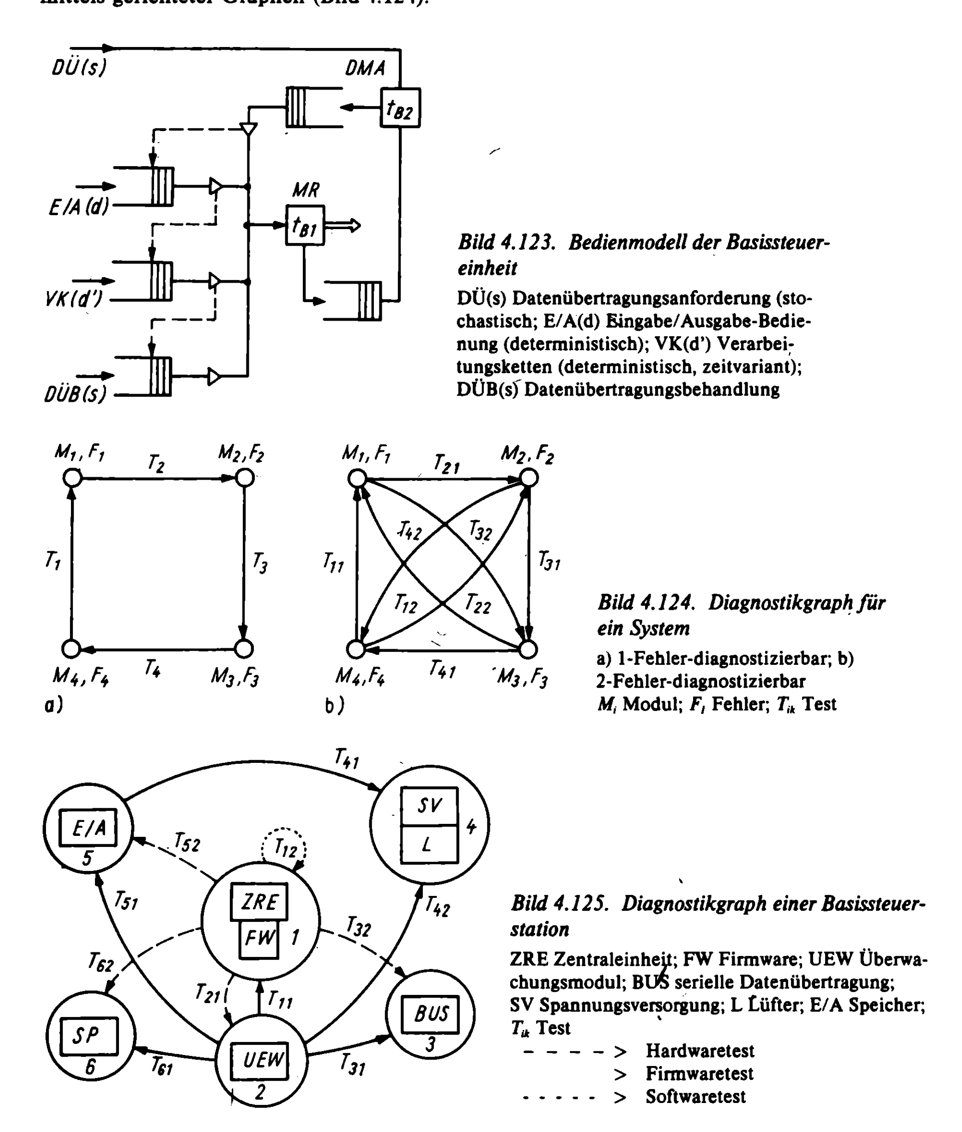


Bild 4.123. Bedienmodell der Basissteuereinheit

DÜ(s) Datenübertragungsanforderung (stochastisch; E/A(d) Eingabe/Ausgabe-Bedienung (deterministisch); VK(d') Verarbeitungsketten (deterministisch, zeitvariant); DÜB(s) Datenübertragungsbehandlung

Bild 4.124. Diagnostikgraph für ein System

a) 1-Fehler-diagnostizierbar; b) 2-Fehler-diagnostizierbar

M_i Modul; F_i Fehler; T_{ik} Test

Bild 4.125. Diagnostikgraph einer Basissteuerstation

ZRE Zentraleinheit; FW Firmware; UEW Überwachungsmodul; BUS serielle Datenübertragung; SV Spannungsversorgung; L Lüfter; E/A Speicher; T_{ik} Test

- - - - > Hardwaretest
> Firmwaretest
· · · · · > Softwaretest

Die Moduln M_i mit einer Fehlermenge *F* sind als Knoten dargestellt, die Testmöglichkeiten T_{ij} als Kanten. Mit Hilfe graphentheoretischer Methoden kann die Diagnostizierbarkeit bestimmt und beim Systementwurf optimiert werden.

Beim im Bild 4.125 dargestellten Diagnostikgraph für eine Basissteuereinheit des Systems *audatec* ergibt sich beim Überwachungsmodul für die Fehlerdiagnose eine zentrale Stellung.

Voraussetzung für eine kurze Reparaturzeit ist die Anzeige von Fehlertests über die Leittechnik der Automatisierungsanlage.

Die *Zuverlässigkeit von Systemen* läßt sich anhand eines Zuverlässigkeitsnetzes durch Serien- und Parallelschaltung der Einzelkomponenten verdeutlichen (Bild 4.126). Die Zuverlässigkeit wird zweckmäßig an der Verfügbarkeit gemessen [4.50] oder kann vereinfacht zu Strukturuntersuchungen auf der Grundlage von Booleschen Modellen [4.52, 4.53] beurteilt werden.

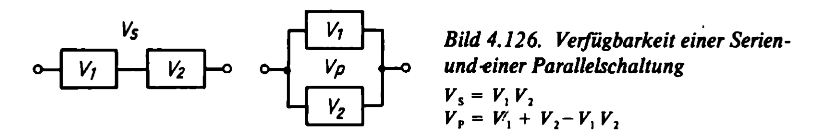


Bild 4.126. Verfügbarkeit einer Serien- und einer Parallelschaltung

$V_S = V_1 V_2$

$V_P = V_1 + V_2 - V_1 V_2$

Bei der Aufstellung des Zuverlässigkeitsnetzes sind die funktionell zusammengehörigen Elemente einer Linie in Reihe anzuordnen, auch wenn sie z. B. elektrisch parallel geschaltet sind. Ferner muß zwischen Geräte- und Funktionsverfügbarkeit unterschieden werden. Falls bei der Funktion ein Element mehrfach durchlaufen wird, muß das Zuverlässigkeitsnetz diese Module mehrfach enthalten. Dieser Fall tritt gerade bei digitaler Verarbeitung durch Mehrfachnutzung von Programmteilen auf.

Trotz der durch die dezentralen Rechner bedingten Mehrkanaligkeit der Informationsverarbeitung bleibt die spezielle Aufteilung der Zuverlässigkeitsanforderungen auf die einzelne MSR-Stelle Grundlage des Entwurfs von Automatisierungsanlagen. Im Bild 4.127 wird das Zuverlässigkeitsnetz einer einfachen Regelung gezeigt, die in einer typischen größeren Automatisierungsanlage mit dezentralen Mikrorechnern realisiert ist. Aufgrund ihrer besonderen Stellung im System und ihrer vielkanaligen Funktion sind die Komponenten Bedienpult, Datenübertragung und Stromversorgung doppelt oder mehrfach redundant ausgelegt. Die Antriebe lassen sich meist vor Ort bedienen. Der Engpaß und damit die bestimmende Größe werden durch Meßgeber, Eingangs- und Ausgangsbaugruppen und den Mikrorechner gebildet. Hier ist ein wichtiger Ansatzpunkt zur Erhöhung der Zuverlässigkeit durch Redundanz-

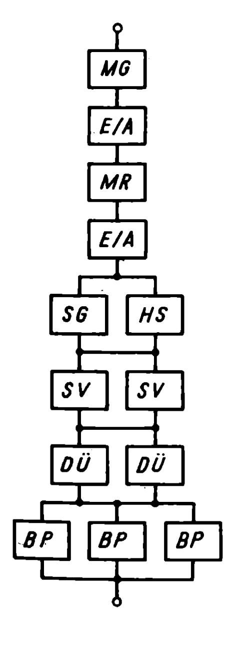


Bild 4.127. Zuverlässigkeitsnetz einer MSR-Stelle

MG Meßgeber; E/A Eingangs/Ausgangsbaugruppen mit Signalumformer; MR Mikrorechner; SG Stellglied mit Antrieb; HS Handsteuerung; SV zentrale Stromversorgung; DÜ Datenübertragung; BP Bedienpult mit Mikrorechner, Monitor und Tastatur

maßnahmen. Eingesetzt wird die Bildung von lokaler Redundanz durch Einkartenregler auf Mikrorechnerbasis und die Bildung von globaler (blinder) Redundanz. Bei der quellenorientierten Datenübertragung lassen sich durch die ständige Verfügbarkeit aller Informationen auf der Datenbahn bequem weitere Geräte zur gezielten Redundanz einfügen.

Die Programmsysteme als wesentliche funktionsbestimmende Teile der Mikrorechner müssen ebenfalls die Anforderungen an die Zuverlässigkeit erfüllen. Nach [4.54] wird die *Softwarezuverlässigkeit* definiert als „... die Fähigkeit eines betrachteten Programmsystems, die beabsichtigten Aufgaben unter definierten umgebungs- und funktionsbedingten Störungen (Beanspruchungen) während einer vorgegebenen Zeitdauer unter Beibehaltung der Glaubwürdigkeit und Genauigkeit von Berechnungsergebnissen in vorgegebenen Grenzen zu erfüllen". Ausfallursachen für Software können sein [4.54]

systematische Fehler – das sind falsche Lösungsmethoden, fehlerhafte Systemanalyse und direkte Programmierfehler aufgrund unzureichender Programmtestung
niedrige Genauigkeit
Zeitüberlastung durch Unterbrechungen im Prozeß- und Datenübertragungsverkehr
Störsignale oder stochastische Hardwarefehler.

Für die Berechnung der Softwarezuverlässigkeit wird in [4.55] ein Verfahren vorgeschlagen, mit dem von der Quantisierung der Fehlerursachen ausgehend die Zuverlässigkeit von Programmsystemen ermittelt werden kann. Diese Maßnahmen sind beim Systementwurf und bei Einzweckprogrammierung von zentralen Prozeßrechnern erforderlich.

Für Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern muß der Begriff Software weiter gegliedert werden (Tafel 4.61). Bei der Entwicklung von Automatisierungssystemen werden bestimmte Restriktionen eingeführt, um eine hohe Zuverlässigkeit des Systems zu sichern und die Kosten zur Prüfung der projektierten Anlagenarchitektur minimal zu halten. Diese Restriktionen beziehen sich auf

den Funktionsumfang und -inhalt
die Minimierung der Anzahl miteinander konkurrierender Programme
die Ebenen der Prioritäts- und Zeitschachtelung
die Anwendung von Interruptmöglichkeiten
die zeitliche Folge beim Aufruf gleicher Programmkomplexe
die Berücksichtigung der Wortbreite abhängig von der Anzahl der Rechenschritte für Arithmetikprogramme.

Der Zuverlässigkeitsgewinn ist mit einer suboptimalen Arbeitsweise der Rechner verbunden.

Tafel 4.61. Gliederung der Software in Automatisierungssystemen

Firmware		Projektbezogene Software
funktionsbezogen	Sicherung der Verfügbarkeit	
– Steuerprogramm – Datenübertragung – E/A-Bedienung – Basissoftwaremodule	– Überwachungsroutinen – Fehlerlokalisierung und Meldung	– Datenlisten – Parameter – Verknüpfung von Basissteuermoduln

Das Softwarepaket wird für das Automatisierungssystem so gestaltet, daß es für den Funktionskomplex Automatisierungsanlage in einem bestimmten, möglichst großen Umfang anwendbar ist. Diese Funktionen sind in erster Linie

Messen	Überwachen
Steuern	Anzeigen
Regeln	Bedienen

aber auch z. B. die Protokollierung, Bilanzierung oder Lebensdauerüberwachung in ihrer denkbaren Vielfalt. Die Anwendbarkeit des Automatisierungssystems über die primären Funktionen hinaus und das Angebot an Standardlösungen sind ein Maß für die Qualität. Die Anpassung des Automatisierungssystems an die eigentliche Aufgabe erfolgt durch die Konfigurierung der Hardware und die Parametrierung der Programmsysteme über Listen. Die eigentlichen Rechnerprogramme, gegliedert in die Komplexe

Steuerprogrammsystem mit Zeitorganisation
Datenübertragungsbehandlung
Anzeige- und Bedienfunktionen
E/A-Peripheriebedienung
Basissoftwaremodule

werden in der Entwicklungsphase und in Probeläufen umfangreichen Prüfungen unterzogen und auf ihre Grenzbelastung eingehend getestet.

Für diese Systemprogramme gilt im Gegensatz zu Einzweckprogrammen und im Gegensatz zur Gerätetechnik bei entsprechend laufender Korrektur und Wartung für die Zuverlässigkeit

$$P_s \rightarrow 1 \qquad \text{für } t \rightarrow \infty.$$

Die Systemprogramme zur störungsfreien Bearbeitung der Anforderungen werden unter dem Begriff Firmware zusammengefaßt. Sie können bei der Betrachtung der Gesamtzuverlässigkeit vernachlässigt werden. Bei Automatisierungssystemen ist die Firmware mit dem speziell gestalteten Mikrorechner als Einheit im Sinne eines Automatisierungsgeräts zu betrachten.

Eine weitere Ursache für Softwareausfall sind Störungen, die aus der Hardware heraus den Bearbeitungsablauf beeinflussen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Störungen durch Ausfall von Bauteilen und stochastischen Ereignissen. Der Bauteilausfall führt zu reproduzierbaren Fehlfunktionen. Stochastische Fehler, z. B. bedingt durch

unzureichende Kontaktsicherheit
element- oder leitungsbedingte Flankensteilheit im Grenzbereich
Versorgungseinbrüche
elektromagnetische Störfelder,

sind nur mit hohem meßtechnischem und zeitlichem Aufwand zu lokalisieren, so daß mit programmtechnischen Maßnahmen zur Erzielung einer minimalen inneren MTBF ein störsicheres fehlertolerantes Softwaresystem angestrebt werden muß.

Das bedeutet, die *Störsicherheit der Software* bei Hardwarefehlern erfordert besondere Aufmerksamkeit beim Systementwurf.

Zur Erhöhung der Softwarezuverlässigkeit sind drei Gruppen von Maßnahmen zu unterscheiden:

1. programmtechnische Überwachungsfunktionen und Einschränkungen
2. gerätetechnische Zusatzfunktionen zur Bussignal- und Speicherüberwachung
3. gerätetechnische Voraussetzung und Unterstützung von speziellen programmtechnischen Maßnahmen.

Beispiel für die dritte Gruppe ist die in der Prozeßrechentechnik übliche Mitführung von Paritätsbits über den gesamten Speicherbereich oder die Definition geschützter Speicherbereiche mit der Erzeugung programmtechnisch verwertbarer Signale. Denkbar sind auch die programmierbare Überwachung des Befehlszählers oder die logische Überwachung des Befehlsregisters mit programmierbarer Definition verbotener Befehlsbereiche. Das sind Funktionen, die bereits beim Entwurf der Schaltkreisfamilie für Mikrorechner berücksichtigt werden müssen.

Gerätetechnische Zusatzfunktionen können durch externe Überwachung der Bussignale auf Widerspruchsfreiheit, verbotene Bereiche und Zeitdauer realisiert werden.

Zur Erhöhung der Störsicherheit von Programmen ist eine übersichtliche Programmstruktur und die strenge Trennung von Daten und Programmen vorauszusetzen. Weitere Maßnahmen ergeben sich mit

einer gezielten Funktionsprüfung bei Rechneranlauf
Überwachungsroutinen, z. B. Speichertest, im Wartebetrieb
zyklische dynamische Programmkontrolle durch Setzen von Fehlerzellen und Zeitschaltern bzw. Durchlauf eines Kontrollzweigs mit Zeitüberwachung.

Die dynamische Programmkontrolle erhöht die Bearbeitungszeit der Anforderungen.

Zur Vermeidung von Softwareausfällen durch zeitliche Überlastung (bzw. durch Verluste aus dem Anforderungsstrom) ist bei der Entwicklung der Einrichtungen ein *Bedienmodell* gemäß Bild 4.123 aufzustellen, und sowohl Programmstruktur als auch Funktionsumfang sind so zu variieren, daß die Ausfallwahrscheinlichkeit einen gewünschten minimalen Wert erreicht. Das Modell muß dabei auch die Erhöhung des Anforderungsstroms berücksichtigen, die sich aus der Sicherheitsfunktion der Software im Störungsfall ergibt. Ist z. B. die Wiederholung der Datenübertragung im Fehlerfall (resultierend aus einer Hardwarestörung) programmiert, so erhöht sich der Anforderungsstrom DÜ(s).

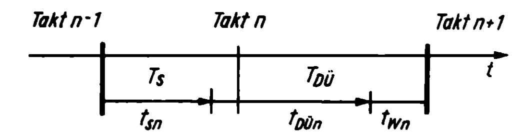


Bild 4.128. Bearbeitungstakt

T Taktzeit; T_S Zeitfonds Signalbearbeitung; $T_{DÜ}$ Zeitfonds Datenübertragungsbehandlung; t_{Sn} Zeit der Signalbearbeitung im Takt n, $t_{DÜn}$ Zeit der Datenübertragungsbehandlung; t_{wn} Wartezeit; Δt Differenz zwischen Zeitfonds und benötigter Zeit

Vereinfachend für die Beherrschung der Zeitprobleme wird für die Verarbeitung eine Zeitgliederung angewendet durch die Festlegung von Verarbeitungstakten (Bild 4.128). In einem Verarbeitungstakt der Länge T wird ein Zeitfonds T_s für die Prozeßsignalverarbeitung und ein Zeitfonds $T_{DÜ}$ für die Datenübertragungsbehandlung und die Interruptbehandlung vorgesehen. Mit einer Interruptroutine zum Beginn eines Verarbeitungstakts wird festgestellt, ob im vorhergehenden Takt alle Anforderungen erfüllt sind, und im Fehlerfall wird ein Zähler erhöht. Die Software gilt dann als ausgefallen, wenn in m aufeinanderfolgenden Takten (m = 1,2, . . .; wählbar) die Anforderungen nicht erfüllt werden. Die Größen T, T_s, $T_{DÜ}$ und m werden nach Modellrechnungen für das Automatisierungssystem fest vorgegeben. Die Ausfallwahrscheinlichkeit F_{max} ist damit ein Parameter der angebotenen Systeme, wobei für den Wert F der projektierten Anlage gilt

$$F = f(T_s, T_Ü) \leqq F_{max}.$$

Bei der Projektierung durch Verknüpfung der Basissteuermodule muß deren maximale Bearbeitungszeit T_B summiert werden. Da beim System *audatec* vom VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow mit der Systemkommunikation Konfigurierungshandlungen möglich sind, wird beim Anlauf der Basissteuereinheit die Bedingung

$$\sum_{i=1}^{n} T_{Bi} \leqq T_s$$

überprüft und bei Nichterfüllung signalisiert.

Ähnlich der Zeitbetrachtung für den einzelnen Mikrorechner führt die Betrachtung der gesamten Automatisierungsanlage zu einem Bedienmodell. Die Belastung der Datenbahn bei der Informationsübertragung wird durch die Anforderungsströme der angeschlossenen Einrichtungen bestimmt (Bild 4.129).

Die Zeitbelastung setzt sich zusammen aus

Organisationszeiten (Abfrage und Masterverteilung)
Datenübertragungsablauf
Wartezeiten
zusätzlichem Aufwand zur Datensicherung (z. B. Prüfsummen).

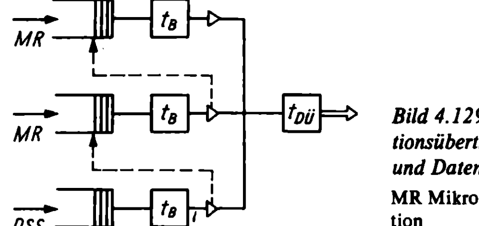


Bild 4.129. Bedienmodell zur Informationsübertragung mit zwei Mikrorechnern und Datenbahnsteuerstation

MR Mikrorechner; DSS Datenbahnsteuerstation

Aufgrund der Anforderungsströme (d. h. der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Anforderung im Zeitintervall Δt), der mittleren Übertragungsdauer unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit von DÜ-Wiederholungen und der DÜ-Priorität müssen die Datenbahnbelastung und die Wahrscheinlichkeit der Überlastung als Funktion der angeschlossenen Einheiten ermittelt werden. Durch Langzeitmessungen und Simulationsrechnungen wird als Ergebnis die zulässige Zahl der angeschlossenen Teilnehmer bei gegebener Zuverlässigkeit erreicht. Diese Anzahl ist ebenfalls ein Parameter für ein Automatisierungssystem mit Mikrorechnern.

Eine letzte zu betrachtende Ursache für einen Softwareausfall kann in der fehlerhaften Projektierung liegen (s. Tafel 4.61).

Mit einer weiteren Fassung des Begriffs Software ist auch die funktionsgerechte Verknüpfung von Basissteuermoduln eine Art der Programmierung. Dies ist besonders beim Entwurf von Steuerungen einzusehen. Die Fehlermöglichkeiten gleichen denen, die bei der Verknüpfung von Geräten zur Erfüllung einer Funktion auftreten können. Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern haben den Vorteil, daß diese Fehler zu einem frühen Zeitpunkt durch Simulation erkannt werden können. Auch eine Korrektur bei der Inbetriebnahme ohne gerätetechnische Änderung ist in großem Umfang möglich.

4.7.2. Systemeigene Maßnahmen

4.7.2.1. Möglichkeiten der Hardware- und Softwareüberwachung

Zur Eigendiagnose der Einrichtungen werden kombiniert Hardware- und Softwaremaßnahmen angewendet. Zur Auswertung und Signalisation erkannter Fehler wird in jeder Einrichtung rechnerintern ein *Funktionseinheitenstatusblock* geführt, der folgenden Inhalt hat:

- Statusinformationen mit Kennzeichnung von
  Sonderfunktion
  Fehlerkode für Hardware- und Softwarefunktionsstörungen
  Betriebsart
  Überlastung der Datenübertragung
  Störungssammelmeldung
- Priorität der Masteranforderung
- Fehlerklassenkennzeichnung
- Spezifikation zu den Fehlerklassen.

Die Zuordnung von Fehlern sowie die Bedeutung der Fehlerklassen ist einrichtungsspezifisch

Tafel 4.62. Überwachungsmaßnahmen Hardware

Baugruppe	Überwachungsfunktion
Anschlußsteuerungen peripherer Geräte	Auswertung der Statussignale, Interruptmeldungen
Analog/Digital-Umsetzer-Baugruppe	Aufschaltung einer baugruppeneigenen Prüfspannung auf einen Kanal, Störsignalisation über LED-Anzeige an der Frontplatte
Stromversorgungseinheiten	Überwachung der Ausgangsspannung und Anzeige auf Frontplatte
Netzausfallanalysator	Überwachung des Primärnetzes, Auslösung eines nicht maskierbaren Interrupts bei Unterschreitung der Toleranz
Spannungsüberwachungsbaugruppe	Überwachung der Einzelspannungen der Stromversorgungsbaugruppen, bei Ausfall einer Spannung Auslösung eines RESET-Signals
Fehleranzeigebaugruppe	Verdichten der Spannungseinzelsignale zu einem Sammelsignal, Anzeige von Fehlermeldungen über 2stellige Ziffernanzeige und 22 LED
Überwachungsmodul (UEW)	Überwachung wichtiger Steuersignale und der Ansprechbarkeit von Baugruppen
Lüfterbaugruppe	Überwachung des ordnungsgemäßen Laufes aller Lüfter
Analogausgabebaugruppe (1kanalig)	Spannungsüberwachung, Rückmeldung der Stellung des Umschalttors
Serielles Zwischenblockinterface	Kontrolle der Datenübertragung durch automatische Bildung eines zyklischen Kodes beim Senden und Empfangen, Vergleich des gesendeten und beim Empfang gebildeten Kodes auf Übereinstimmung

festgelegt. Die Datenbahnsteuerstation fragt zeitzyklisch Funktionseinheitenstatus, Priorität und Fehlerklassenkennzeichnung ab und überträgt sie an die Bedienpulte. Bei Anwahl der Bildart „Funktionseinheitenstatus" werden vom Bedienpult von der angewählten Einrichtung die Fehlerklassenspezifikationen angefordert und im Bild angezeigt. Anhand einer Tabelle müssen die hexadezimal angezeigten Fehlerspezifikationen durch das Servicepersonal entschlüsselt werden. In Tafel 4.62 sind die Hardwaremaßnahmen und in Tafel 4.63 die Softwaremaßnahmen zusammengestellt, die die Basis für die Eigendiagnose der Einrichtungen sind.

4.7.2.2. Eigendiagnose der Basissteuereinheit

Die Fehlersignalisation erfolgt je nach Fehlerart auf dem Farbmonitor des Bedienpults im Funktionseinheitenstatusbild und örtlich am Überwachungsmodul bzw. Fehleranzeigebaustein der Basissteuereinheit.

Hardwareüberwachung mit Rechnerhalt im Fehlerfall und Fehleranzeige

Adressierbarkeit der Speicherbaugruppen. Das Aussenden des RDY-Signals, das WAIT-Signal und deren Zeitbedingungen werden kontrolliert.

Einhaltung der Toleranzgrenzen des Versorgungsnetzes

Einhaltung der Toleranzgrenzen der RAM-Stützspannung und der Sekundärspannungen

Tafel 4.63. Überwachungsmaßnahmen Software

Maßnahme	Überwachungsfunktion
Speichertest	Kontrolle des Speichers auf defekte Schaltkreise
Zeitfondsüberwachung	Kontrolle der Programmlaufzeiten auf Einhaltung des Zeitlimits
Programmunterbrechungszeiten	Überwachung der Unterbrechungszeiten durch Datenübertragung oder Eingaben/Ausgaben von Peripheriegeräten
Stackspeicherüberwachung	Kontrolle der korrekten Stellung des Stackzeigers und des zulässigen Stackbereichs
RESTART-Befehlsbenutzung	Überwachung auf Benutzung verbotener RESTART-Befehle
Interruptbenutzung	falsche Interruptvektoren, denen keine Serviceroutine zugeordnet ist, werden ignoriert
Strukturdaten	Kontrolle der Listen mit den objektabhängigen Daten auf Widerspruchsfreiheit

Interruptfähigkeit des CTC-Schaltkreises auf der ZRE-Baugruppe. Der CTC startet alle 330 ms den Grundzyklus der Basissteuereinheit. In jedem Grundzyklus wird ein Kanal einer Digitalausgabebaugruppe dynamisch für die Dauer von 400 ms angesteuert. Bei Ausbleiben des CTC-Interrupts fällt dieses Signal ab, von dem die Fehlerreaktion abgeleitet wird.

Hardwareüberwachung mit Beibehaltung der Rechnerfunktionen und Fehleranzeige (Fehlerbehaftete Baugruppen werden vom Rechner nicht mehr bedient.)

Adressierbarkeit der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Baugruppen. Das Aussenden des RDY-Signals, das WAIT-Signal und deren Zeitbedingungen werden kontrolliert.

Funktion des Analog/Digital-Umsetzers der Grundbaugruppe Analogeingabe. Auf einen Eingabekanal wird eine baugruppeninterne Referenzspannung geschaltet und deren Digitalwert bei jedem Grundzyklus der Basissteuereinheit kontrolliert.

Funktion der Analogausgabebaugruppe. Die Stellung des Torschalters auf interne/externe Signalvorgabe und die Versorgungsspannung der Baugruppe werden überwacht.

Kontrolle des Lüfterlaufs

Temperatur im Gefäß der Basissteuereinheit. Die Temperatur wird über ein Widerstandsthermometer erfaßt und mit einer Verarbeitungskette der Basissteuereinheit auf Grenzwertüberschreitung kontrolliert.

Datenübertragung. Die Datenübertragung wird durch umfangreiche Kontrollmaßnahmen überwacht:

Berechnung und Kontrolle des zyklischen Kodes des Telegramms
Überwachung der Telegrammlänge und der festgelegten Rahmenbedingungen
Kontrolle des Funktionskodes und der korrekten Stationsadresse
Kontrolle des vorgeschriebenen Prozedurablaufs und der Zeitbedingungen
Stationsquittungsüberwachung, ggf. Veranlassung von Wiederholungen
Kontrolle der Anzahl von Wiederholungen.

Softwareüberwachung mit Rechnerhalt im Fehlerfall und Fehleranzeige

RAM-Speichertest. Die RAM-Bereiche werden einem Schreib/Lese-Test unterzogen, bei dem jede Speicherzelle mit dem Komplement ihres Inhalts beschrieben und gelesen wird, so daß alle Bitstellen kontrolliert werden. Der Empfangspuffer der Baugruppe Zwischenblockinterface kann nur während eines Sendevorgangs getestet werden.

EPROM-Speichertest. Die EPROM-Schaltkreise werden durch Prüfsummenvergleich auf in-

haltliche Verfälschung kontrolliert. Die Prüfsummen sämtlicher Schaltkreise stehen auf einem gesonderten EPROM. Von jedem EPROM wird beim Test die Prüfsumme berechnet und mit der im gesonderten EPROM abgelegten verglichen. Der Speicher wird bei Spannungszuschaltung oder Betätigung der RESET-Taste komplett durchgetestet. Danach erfolgt im On-line-Betrieb ein gestufter Test in Abhängigkeit von der zeitlichen Auslastung des Grundzyklus durch die Verarbeitungsketten in der Restzeit des Wartenschleifenbetriebs.
Kontrolle der gesamten Programmablaufzeit (Zeitfondsüberwachung) eines Grundzyklus. Nach jedem CTC-Interrupt zum Start eines neuen Grundzyklus muß das Steuerprogramm eine definierte Stelle passiert und ein Kennzeichen gesetzt haben. Dieses Kennzeichen wird von der Interruptserviceroutine des CTC kontrolliert. Bei nicht gesetztem Kennzeichen liegt eine Störung des Programmablaufs vor.

Kontrolle auf Stackspeicherverfälschung. Nach Rückkehr von einer Verarbeitungskettenabarbeitung in das Steuerprogramm wird überprüft, ob der Stackzeiger an der richtigen Adresse steht und der Stackbereich nicht überschritten wurde.
Kontrolle der RESTART-Befehlsbenutzung. Von den möglichen RESTART-Befehlen wird in der Basissteuereinheit nur eine Teilmenge benutzt. Mit dieser Maßnahme wird die unbefugte Nutzung eines unzulässigen RESTART-Befehls bei Programmablaufstörungen überwacht.

Softwareüberwachung mit Beibehaltung der Rechnerfunktionen und Fehleranzeige
Kontrolle auf fehlerhaften Interrupt. Mit dieser Maßnahme wird das Auftreten eines verfälschten Interruptvektors auf dem Rechnerbus überwacht, dem in der Interruptverteilertabelle keine Serviceroutine zugeordnet ist. Von der Basissteuereinheit wird dieser Fehler signalisiert; der Interrupt wird aber ignoriert.
Strukturierfehler in den objektabhängigen Datenlisten. Derartige Fehler können beim Einlesen der Strukturierdaten während der Inbetriebnahme oder durch Strukturierhandlungen mit inhaltlichen Fehlern bei der Systemkommunikation an der laufenden Anlage verursacht werden. Die Überwachung umfaßt folgende Kontrollmaßnahmen:
Zeitliche Überlastung
Einem der drei Tastzyklen der Basissteuereinheit wurden zu viele Verarbeitungsketten zugeordnet, die innerhalb der Zykluszeit nicht vollständig abgearbeitet werden können. Die Überprüfung erfolgt bei jedem Start des Grundzyklus.
Falsche Abtastzeit für Verarbeitungsketten
Es ist ein Tastzyklus eingestellt, der nicht durch die Strukturierung vorgesehen wurde. Die Überprüfung erfolgt bei der Umschaltung von der Betriebsart off line in on line bzw. nach Abschluß einer Strukturierhandlung über Systemkommunikation.
Nicht geschlossene Verarbeitungskette
Es wird die lückenlose Eingangs- und Ausgangsverkettung der Basismodule und Rückkehr in das Steuerprogramm kontrolliert. Die Überprüfung erfolgt bei der Umschaltung der Betriebsart off line in on line bzw. nach Abschluß einer Strukturierhandlung über Systemkommunikation.
Fehlender Basismodul
Es wird kontrolliert, ob der strukturierte Basismodul im Speicher vorhanden ist.
Alle Strukturierfehler werden signalisiert; die davon betroffenen Verarbeitungsketten in der Abarbeitung gesperrt und die Meßstellen ausgeschaltet.

4.7.2.3. Eigendiagnose des Pultsteuerrechners

Die Fehlersignalisation des Pultsteuerrechners erfolgt über den Farbmonitor; es wird kein Fehleranzeigebaustein eingesetzt.

Hardwareüberwachung mit Rechnerhalt im Fehlerfall und Fehleranzeige
Adressierbarkeit der Speicherbaugruppen
Einhaltung der Toleranzgrenzen des Versorgungsnetzes, der RAM-Stützspannung und der Sekundärspannungen

Interruptfähigkeit des CTC-Schaltkreises auf der ZRE-Baugruppe. Nach jedem vollen Durchlauf des Speichertestes wird überprüft, ob ein CTC-Interrupt aufgetreten ist,

Hardwareüberwachung mit Beibehaltung der Rechnerfunktionen und Fehleranzeige

Adressierbarkeit der Baugruppen zur Ansteuerung der Geräte der Datenverarbeitungsperipherie

Datenverarbeitungsperipheriegeräte. Die Geräterückmeldungen über Interrupt werden überwacht.

Datenübertragung (analog zum Abschn. 4.7.2.2.)

Kontrolle des Lüfterlaufs.

Softwareüberwachung mit Rechnerhalt im Fehlerfall und Fehleranzeige

RAM- und EPROM-Speichertest (analog zum Abschn. 4.7.2.2.)

Zeitfondsüberwachung. Das Steuerprogramm kontrolliert die Einhaltung der Zeitscheibe von 330 ms. Bei wesentlichen Überschreitungen liegt eine Störung im Programmablauf vor.

Kontrolle auf Stackspeicherverfälschung. Das Steuerprogramm kontrolliert die Stackadressen bei Beendigung von Verarbeitungsprogrammen und die Einhaltung eines definierten Bereichs für den Stackspeicher.

Softwareüberwachung mit Beibehaltung der Rechnerfunktionen und Fehleranzeige

Überwachung der Programmunterbrechungszeiten. Bei Operationen der Informationsübertragung (Eingabe/Ausgabe-Betrieb peripherer Geräte oder Datenübertragung über die serielle Datenbahn) wird das gerade bearbeitete Programm unterbrochen. Falls die Operation bis zum zyklischen Restart nicht beendet wurde, d. h. der angewiesene Restart nicht ausgeführt werden kann, weil der vorherige nicht beendet wurde, liegt ein Fehler vor. Nach dreimaligem Auftreten wird der Fehler gemeldet; er dient dann der Information über Unregelmäßigkeiten im Programmablauf.

4.7.2.4. Eigendiagnose der Datenbahnsteuerstation

Der Rechnerhalt der Datenbahnsteuerstation bei erkannten Fehlern wird mit der STOP-Funktion des Überwachungsmoduls realisiert. Dabei wird durch die Überwachungssoftware der Sperrspeicher des Überwachungsmoduls gesetzt, der das Signalspiel auf dem Rechnersystembus sperrt. Vorher werden die Sendekanäle beider seriellen Zwischenblockinterfaces ebenfalls gesperrt. Die Signalisation aufgetretener Fehler erfolgt über die Ziffern- und LED-Anzeigen des Fehleranzeigebausteins und am Überwachungsmodul.

Hardwareüberwachung

Adressierbarkeit der Speicherbaugruppen

Einhaltung der Toleranzgrenzen des Versorgungsnetzes, der RAM-Stützspannung und der Sekundärspannungen.

Softwareüberwachung

RAM- und EPROM-Speichertest (analog zum Abschn. 4.7.2.2.)

Störungen der Funktion des Betriebssystems. Das Betriebssystem wird auf Benutzung verbotener RESTART-Befehle und auf Einhaltung der Formate und Parameterfestlegung von Programmrufen kontrolliert.

Strukturierungsfehler. Bei Neuanlauf der Datenbahnsteuerstation werden Strukturierdaten auf Sinnfälligkeitsbereiche und Widerspruchfreiheit kontrolliert.

Datenübertragung (analog zum Abschn. 4.7.2.2.)

4.7.3. Projektierbare Maßnahmen

Bereits beim Entwurf der Automatisierungsanlage wird maßgeblich der Grad der Anlagenverfügbarkeit festgelegt. Die Bemühungen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit führen zu einer differenzierten Betrachtung der Automatisierungsfunktionen, die entweder total in die technologische Anlage integriert und somit für die Gesamtfunktion notwendig oder zur Gütever-

besserung eingesetzt sind. Die Gesamtheit der Automatisierungsfunktionen ist nach Bild 4.130 einzuteilen in

Funktionsklasse A: unbedingt notwendige Funktionen
Funktionsklasse B: notwendige, aber durch Parameteränderung einschränkbare Funktionen
Funktionsklasse C: nicht unbedingt oder zeitweise nicht notwendige Funktionen.

Eine grobe Strukturanalyse beim Anlagenentwurf liefert die Anwendung Boolescher Modelle nach [4.52, 4.53] in Zusammenhang mit dem Zuverlässigkeitsnetz. Dabei existieren nur die Zustände „Modul ausgefallen (0)“ und „Modul funktionsfähig (L)“; Zwischenwerte sind nicht zugelassen. Zur Verfeinerung dieser Modelle müssen entweder die Module weiter aufgeteilt werden, oder bei gleichartigen Ergebnissen von zwei Lösungen muß die rechnerische Verfügbarkeit ermittelt werden. Bei der weiteren Betrachtung des Strukturentwurfs wird das Boolesche Modell verwendet.

Varianten bei der Aufteilung der Automatisierungsfunktionen auf rechentechnische Funktionseinheiten führen infolge der Mehrkanaligkeit zu unterschiedlichen Zuverlässigkeitsstrukturen der Automatisierungsanlage.

Im Bild 4.130 werden für zwei Funktionseinheiten die Unterschiede für eine gleichmäßige Verteilung der Funktionsklassen und eine fortlaufende Aufteilung mit der Zuverlässigkeitsstruktur bezüglich A und A/B gezeigt. Im Fall a ist, speziell auf die Funktionsklasse A bezogen, die Zuverlässigkeit geringer. Mit der Projektierung funktionsbeteiligter Redundanz in

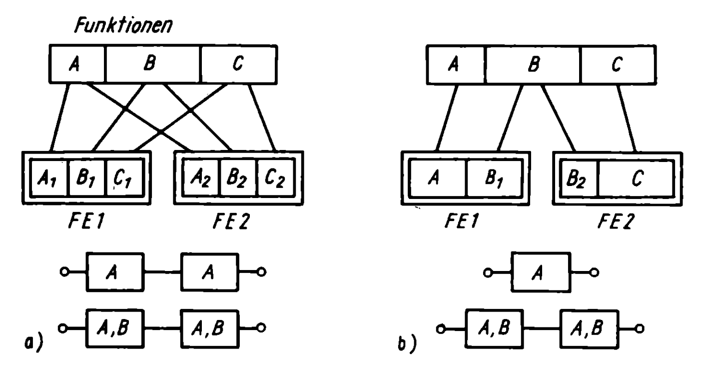


Bild 4.130. Aufteilung der Funktionsklassen auf Funktionseinheiten ohne Redundanz
a) gleichmäßige Aufteilung; b) fortlaufende Aufteilung
FE Funktionseinheit; *A*, *B*, *C* Funktionsklassen

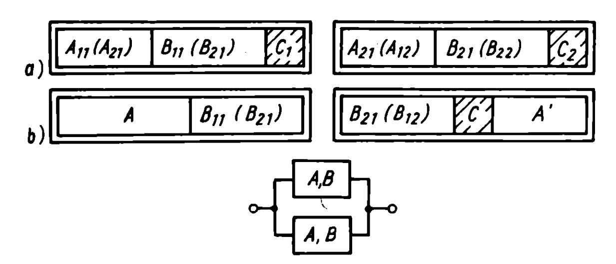


Bild 4.131. Aufteilung der Funktionsklassen mit funktionsbeteiligter Redundanz bei gleichmäßiger und fortlaufender Aufteilung

FE Funktionseinheit; *A*, *B*, *C* Funktionsklassen; B_{ik} Funktionen der *i*-ten Einheit zur Bearbeitung in der *k*-ten Funktionseinheit

beiden Funktionseinheiten ergibt sich sowohl für die Aufgabenverteilung als auch für die Zuverlässigkeitsstruktur eine Gleichverteilung (Bild 4.131).

Mit dem Einsatz blinder Redundanz, der sich im Fall der vollständigen Auslastung der Einheiten und lokaler Zuordnung anbietet, ergibt sich für die Aufteilung von b) durch Einsparung einer Einrichtung eine günstigere Struktur des Zuverlässigkeitsnetzes (Bild 4.132).

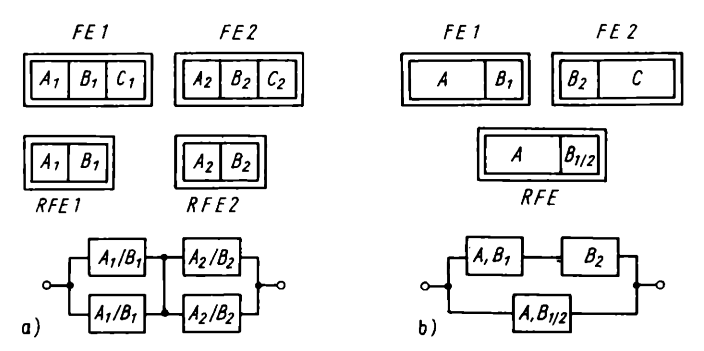


Bild 4.132. Aufteilung der Funktionsklassen mit blinder Redundanz

a) gleichmäßige Aufteilung; b) fortlaufende Aufteilung

FE Funktionseinheit; RFE redundante Funktionseinheit; *A*, *B*, *C* Funktionsklassen

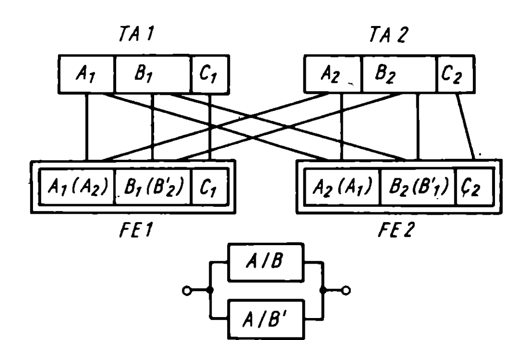


Bild 4.133. Funktionsverteilung bei zwei gleichen Teilanlagen TA

FE Funktionseinheit; *A*, *B*, *C* Funktionsklassen

Bei der Automatisierung von gleichen technologischen Teilanlagen (Bild 4.133) kann eine geeignete Funktionsverteilung die Verfügbarkeit dann erhöhen, wenn die Funktionseinheiten nicht streng den Teilanlagen zugeordnet sind. Mit funktionsbeteiligter Redundanz ergibt sich für die Zuverlässigkeit eine Parallelschaltung der Einrichtungen. Das sei an einem Beispiel verdeutlicht: In einem Dampferzeuger wird der Frischdampf über drei gleiche Stränge geleitet (Bild 4.134). Die Temperaturregelung durch Wassereinspritzung erfolgt in jeweils drei unabhängigen Regelkreisen für Grund-, Grob- und Feinregelung. Jeweils nur mit der Grundregelung oder mit der Grob- und Feinregelung kann ein Notbetrieb des Dampferzeugers gewährleistet werden, so daß sich ein Zuverlässigkeitsnetz nach Bild 4.134b ergibt.

Die Regelungen erfolgen mit drei rechentechnischen Funktionseinheiten. Übernimmt jeweils eine Einheit die Temperaturregelungen eines Stranges (Bild 4.134c), so ergibt sich eine serielle Zuverlässigkeitsschaltung. Durch zyklische Vertauschung bei der Funktionsgruppenzuordnung entsteht eine Kette paralleler Module (Bild 4.134d).

Die Zuverlässigkeit des Automatisierungssystems ist ohne zusätzliche Gerätetechnik wesentlich größer.

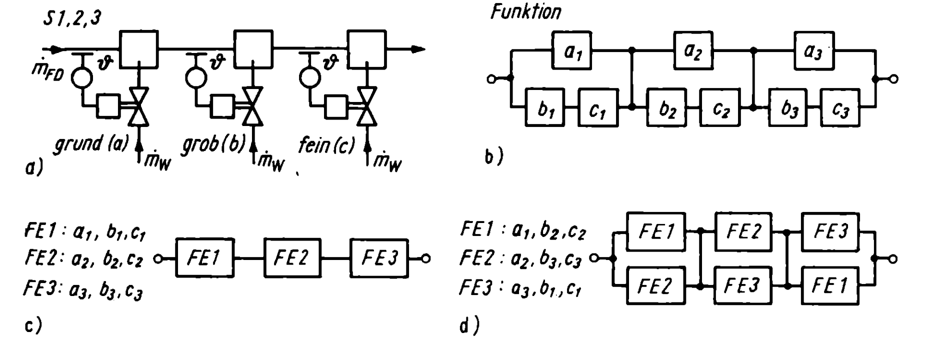


Bild 4.134. Funktionsverteilung am Beispiel einer komplexen Temperaturregelung

a) Regelaufgabe für drei Dampfstränge; b) funktionelle Zuverlässigkeitsstruktur für den Notbetrieb; c) Aufteilung der Funktionen auf die Einheiten FE bei direkter Zuordnung zu den Dampfsträngen und zugehörige Zuverlässigkeitsstruktur der Automatisierungsanlage; d) Aufteilung der Funktionen mit gemischter Funktionsaufteilung und zugehörige Zuverlässigkeitsstruktur

m_{FD} Frischdampfmenge; m_w Speisewassermenge; ϑ Temperaturmessung; FE Funktionseinheit; *S* Strang; a_n, b_n, c_n Grob-, Grund- und Feinregelung vom Dampfstrang *n*

Zur Projektierung rechentechnischer Redundanz für die Prozeßsignalverarbeitung kann die Bildung von Automatisierungsinseln bei Ausfall der Datenbahn sinnvoll genutzt werden. Das Fehlen der Datenübertragung führt nicht zwangsläufig zur Fehlfunktion der Basissteuereinheit. Die gegenseitige Kopplung der Rechner über das Prozeßinterface mittels dynamischer Binärsignalen erlaubt die gegenseitige Kontrolle der Funktionseinheiten unterhalb des Niveaus der Überwachung über die Datenbahn (Bild 4.135). Die Koppelsignale können sowohl separat angezeigt als auch zu Zwangseingriffen bei Ausfallerkennung verwendet werden. Parallel dazu wird die direkte Anzeige ausgewählter Werte in der Warte sinnvoll. Die Überwachung wird zur funktionsbeteiligten Redundanz erweitert mit der Umschaltung von Prozeßsteuersignalen über eine Umschaltlogik zur Übernahme von Funktionen der anderen Basissteuereinheit gemäß Bild 4.130. Zur stoßfreien Umschaltung ist die Erfassung der Stellsignale oder der Stellungsrückmeldung erforderlich. Wesentlich sind die Kriterien der Auswahl- und Umschaltfunktion, die Koordinierung in der Umschaltphase und die Verhinderung der Signalkonkurrenz.

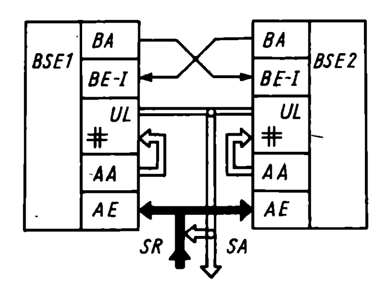


Bild 4.135. Funktionsbeteiligte Redundanz von Basissteuereinheiten mit gegenseitiger Ausfallüberwachung

ÜS Überwachungssignale; BA Binärausgabe; BE-I Binäreingabe mit Interrupt; UL Umschaltlogik; AA Analogausgabe; AE Analogeingabe; SA Stellwertausgabe; SR Stellungsrückführung

Der Einsatz der Reserve-Basissteuereinheit, wie sie für das System *audatec* beschrieben ist, stellt eine Form der blinden Redundanz nach Bild 4.132 dar. Ihre Anwendung zur Sicherung der Anlagenverfügbarkeit erfordert einen Mehraufwand in Gerätetechnik, Projektierung und Feldverdrahtung. Vorteilhaft ist die Erhaltung des Bedienkomforts im Störungsfall.

Noch über dem Niveau des Ansprechens der Sicherheitsfunktionen für die technologische

Anlage und deshalb der Verfügbarkeit zurechenbar ist die Steuerung in einen „gefahrlosen Zustand“ bei Ausfall der Automatisierungsfunktion, wie sie mit dem Ausfall der rechentechnischen Einrichtungen verbunden ist. Ziel ist dabei der Erhalt der zum Ausfallzeitpunkt anliegenden Prozeßsteuergrößen oder die Ausgabe definierter Signale.

Der Zweck besonderer Maßnahmen, wie spezieller Ausgabemodule oder einer zusätzlichen Außenbeschaltung, ist abhängig von den Anforderungen der technologischen Anlage, z. B.

- zur Aufrechterhaltung des Produktionsflusses über einen gewissen Zeitraum
- für die Erhaltung eines höheren Energieniveaus und damit schnelles Wiederanfahren der Anlage
- zum Schutz strömender Medien vor Erstarrung und somit Vermeidung von Folgeschäden
- zur Vermeidung unzulässiger Belastung von Bauteilen und der damit verbundenen Senkung der Lebensdauer
- zur Einleitung gezielter Abfahrvorgänge wie Entleerung von Behältern und Spülen von Rohrleitungen.

Tafel 4.64. Bildung von Prozeßsteuersignalen bei Rechnerausfall

Ausgangssignal	Maßnahme	Ziel
Binär	Haftrelais	Signalerhalt
	Wechselkontakte	definiertes Signal
Analog	Analogwertspeicher	Signalerhalt
	Umschaltung auf externes Signal	definiertes Signal
	Aufschalten einer Gegenspannung	definiertes Signal

Tafel 4.64 enthält mögliche Maßnahmen zur Bildung von Prozeßsteuersignalen bei Rechnerausfall. Wegen des undefinierten Ausfallverhaltens von Rechnern kann bei Erkennen einer Störung die Zwangsabschaltung notwendig sein. Die Hilfsenergieversorgung für die rechentechnische Einrichtung und die Ausfallsignale muß auf getrennten Wegen erfolgen.

Bei Forderungen nach garantierter Zuverlässigkeit einzelner MSR-Stellen muß die Redundanz rechnerisch anhand der Ausfallwahrscheinlichkeit der Einzelkomponenten ermittelt werden [4.56]. In das Zuverlässigkeitsnetz gehen dabei neben den Einrichtungen zur digitalen Signalverarbeitung und der Hilfsenergieversorgung der Meßgeber und das Stellglied ein (s. Bild 4.127). Zur Redundanzbildung für diese Elemente bieten auch Automatisierungssysteme mit Mikrorechnern keine Lösungen. Maßnahmen zur Zuverlässigkeitserhöhung oder erweiterte Fehlsignalisierung werden durch Dopplung oder besondere Außenbeschaltung erreicht:

Dopplung von Gebern
2-aus-3-Auswahl
Antivalenzschaltung bei Binärgebern
Rückmeldung von Prozeßsteuersignalen.

In den Rechnern ist dazu eine gewisse Softwareunterstützung durch Parametrierung der Basissteuermodule enthalten. Die Zuverlässigkeit der Software ist durch die Projektierung nicht direkt zu beeinflussen.

Sie wird indirekt im Fehlerfall „Ausfall der rechentechnischen Einrichtung“ berücksichtigt. Beim Anlagenentwurf muß jedoch auf die Einhaltung der mit dem System vorgegebenen Restriktionen geachtet werden. Als weitere Regeln gelten:

1. Der verfügbare Speicherplatz sollte nicht voll ausgenutzt werden. Damit wird die Möglichkeit einer Umkonfigurierung bei der Inbetriebnahme offengelassen.

2. Bei der zeitlichen Auslastung sind gewisse Reserven vorzusehen. Die Begründung ergibt sich wie bei Punkt 1; darüber hinaus bedeutet diese Reserve eine größere Sicherheit, vor allem wenn Interruptbetrieb zugelassen ist.
3. In Grenzfällen ist die zeitliche Belastung bei der Datenübertragung für die gewählte Konfiguration durch Simulation zu überprüfen.

Der überwiegende Teil der Methoden zur Sicherung der Anlagenverfügbarkeit ist mit zusätzlichem Aufwand an Geräten, Material- und Montageleistungen verbunden. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ergibt sich anhand der Kosten für den Mehraufwand im Gegensatz zu den Kosten bei Produktionsausfall und -minderung und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens.

5. Fertigung, Montage und Inbetriebnahme von dezentralen Automatisierungsanlagen

5.1. Hauptetappen der Vorbereitung und Produktion von Automatisierungsanlagen

Der Aufbau von Automatisierungsanlagen ist gekennzeichnet durch das auftragsgemäße Zusammenschalten einer Vielzahl von Bauteilen zur geschlossenen funktionellen Lösung. Der Einsatz der Mikrorechner erfordert Veränderungen bei der Vorbereitung und Produktion von

Tafel 5.1. Fertigungsunterlagen für audatec-Automatisierungsanlagen

Unterlage	Stationäre Fertigung	Anlagenmontage
Ausrüstungslisten für Geräte, Montagematerial, Montagebauelemente	×	×
MSR-Stellenliste	×	×
Technische Beschreibung	×	×
Funktionsschaltplan	×	×
Stromlaufplan	×	×
Gerätezusammenschaltungsplan	×	×
Übersichtsschaltplan	×	×
Wirkungsplan	×	×
Kabel- und Leitungsschema	–	×
Trassen- und Kabelführungsplan	–	×
Technologische Beschreibung und Fertigungshinweise	–	×
Schilder- und Kabelliste	×	×
Belegungsplan/-tabelle	×	×
Bauschaltplan/-liste	×	×
Brückenliste	×	×
Kartenadressierungsplan	×	×
Strukturplan	×	×
Logikplan	×	×
Programmablaufplan	×	×
Datenträgerbezeichnungsliste	×	×
Konfigurationsliste	×	×
Kommunikationsstellenliste	×	×
Wörterbücher für technologische Bezeichnungen	×	×
Montageablaufplan, Arbeitskräfteeinsatzplan, Arbeitsmittelplan	–	×
Kabelzugliste	–	×
Kabelkennzeichnungsbandstückliste	×	×
Technologische Vorschrift, Betriebsmittelanweisung	–	×
Arbeitsmittelkatalog	–	×
Montagegrundnormenkatalog	–	×

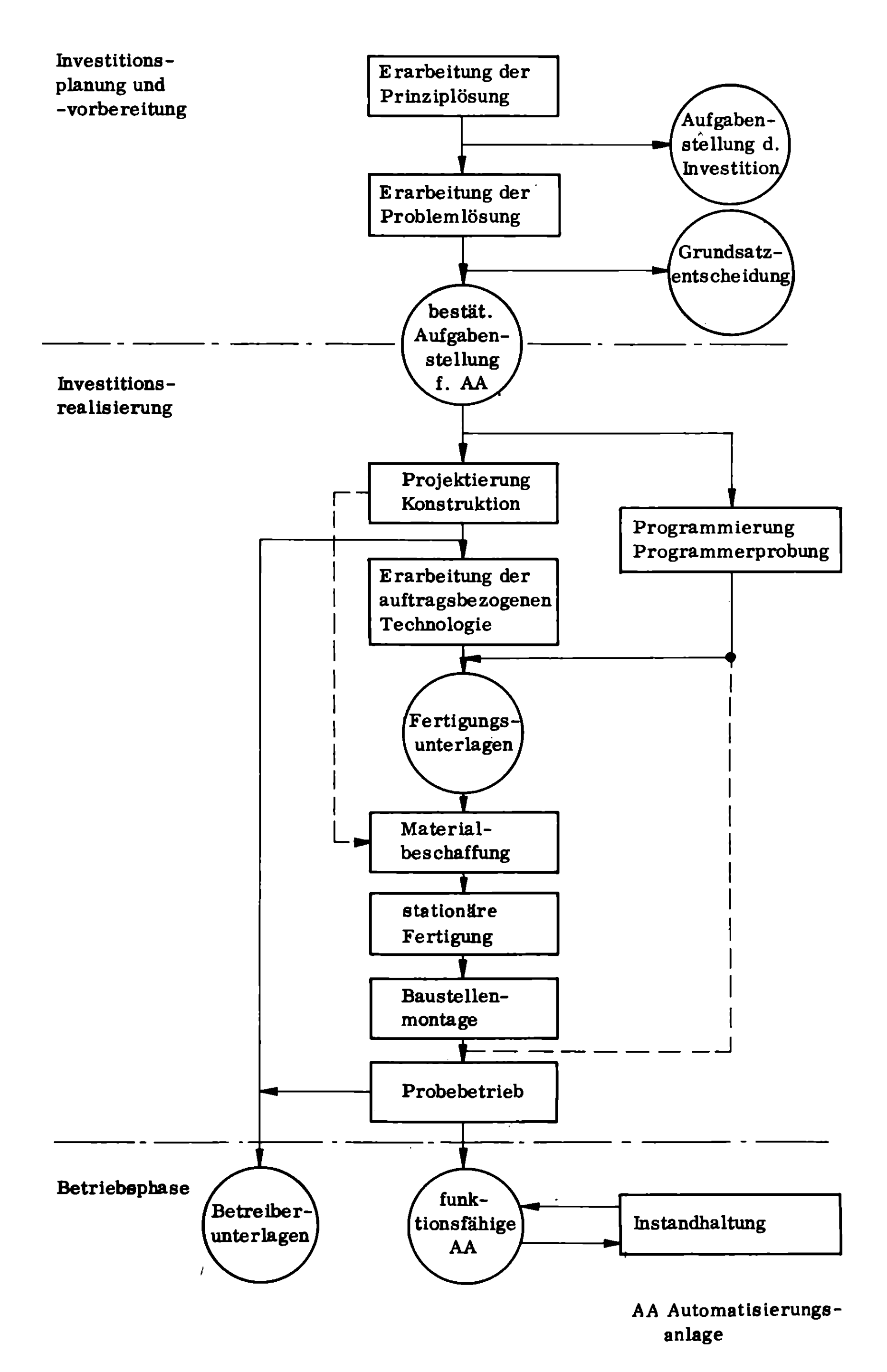


Bild 5.1. Ablauf der Vorbereitung und Herstellung sowie des Betriebs von Automatisierungsanlagen

Automatisierungsanlagen. Für dezentrale Automatisierungsanlagen werden am Beispiel des Systems *audatec* in den folgenden Abschnitten ausgewählte Schwerpunkte der Fertigung, Montage und Inbetriebnahme beschrieben, die durch den Einsatz der Mikrorechnertechnik wesentlich beeinflußt werden. Die Produktion konventioneller Anlagen zur Informationsgewinnung, -übertragung, -verarbeitung, -eingabe, -ausgabe und -nutzung wird als bekannt vorausgesetzt. Es werden ausschließlich technische Gesichtspunkte der Fertigung behandelt und nicht die Vernetzung mit vorbereitenden Prozessen sowie mit der Ökonomie. Hierzu wird auf die zum Abschn. 1. angegebene Fachliteratur verwiesen. Automatisierungsanlagen mit Mikrorechner werden in den grundsätzlichen Fertigungsablauf eingeordnet. Dieser Fertigungsablauf ist gekennzeichnet durch die gleichzeitige Produktion von verschiedenartigen und umfangreichen Aufträgen. Daraus leiten sich die dominierenden Formen der Fertigungsorganisation ab:

Kleinserienfertigung und Serienfertigung für Bauelemente, Bausteine, Baugruppen und Anlagenteile
Einzelfertigung für Anlagen (Anlagenmontage).

Präzise und verbindliche Abstimmungen zwischen dem Auftraggeber und dem Hersteller von Automatisierungsanlagen sind bereits in der Phase des Auftragseingangs und der Angebotserarbeitung erforderlich. Änderungen der Aufgabenstellung und fehlende oder ungenaue technisch-ökonomische Vorgaben des Auftraggebers führen zu erhöhtem Aufwand und Qualitätseinbußen im gesamten Fertigungsablauf (s. Abschn. 2.2.). Zur Durchführung der Produktion von Automatisierungsanlagen werden von den produktionsvorbereitenden Bereichen die erforderlichen Fertigungsunterlagen bereitgestellt. Projektierung und Konstruktion haben entscheidenden Einfluß auf die Fertigung. Die Systemunterlagen enthalten Unterlagen für Baugruppen, Funktionsdarstellung und Montageprojekt.

Die Hauptetappen der Vorbereitung und Herstellung sind im Bild 5.1 dargestellt. Einen Überblick über wichtige Fertigungsunterlagen gibt Tafel 5.1. Ausgewählte Unterlagen werden in den Abschnitten 5.2. bis 5.4. beschrieben.

5.2. Stationäre Fertigung

5.2.1. Übersicht

Entsprechend den in den Abschnitten 4.1. und 4.2. dargestellten Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Informationsverarbeitung in *audatec*-Automatisierungsanlagen hat die stationäre Fertigung die Aufgabe, der Anlagenmontage funktions- und versandfähige Baugruppen, Geräte und Gefäßtechnik bereitzustellen.

Im einzelnen gliedert sich die stationäre Fertigung für Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnertechnik entsprechend ihren unterschiedlichen fertigungstechnologischen Merkmalen in die

Fertigung von Einzelteilen und Baugruppen für Gefäße
Fertigung und Prüfung von Funktionsbaugruppen und Geräten
Montage, Verdrahtung und Bestückung von Gefäßen
Prüfung von Gefäßen, Teilanlagen und Anlagen.

Damit ist die stationäre Fertigung sowohl als Serienfertigung von einzelnen Baugruppen und Geräten wie auch als auftragsbezogene Fertigung von Gefäßen und Funktionseinheiten, bestehend aus weitgehend standardisierten Einzelbaugruppen, zu klassifizieren.

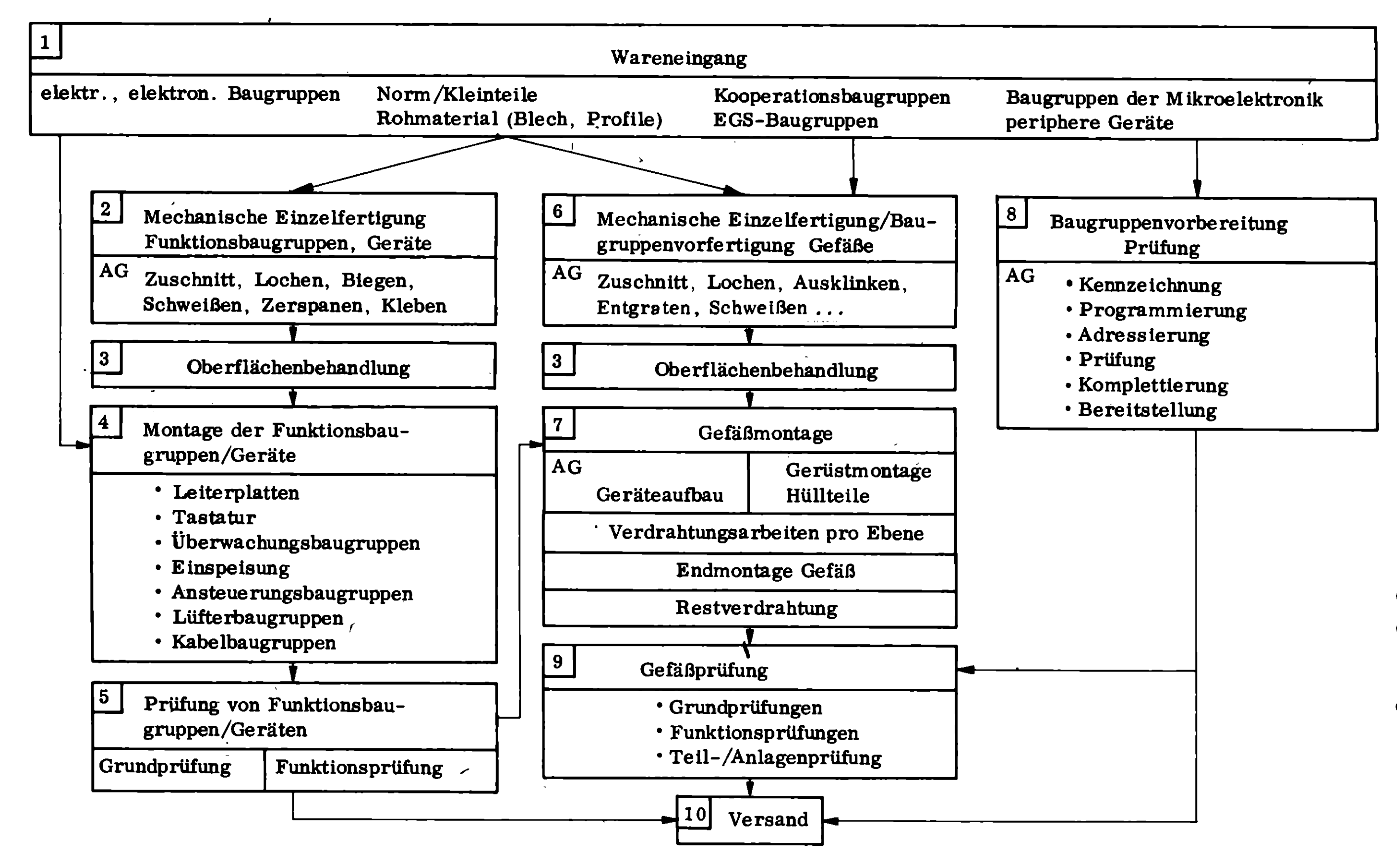


Bild 5.2. Durchlaufschema der stationären Fertigung

5.2.2. Technologischer Fertigungsablauf

Aufbauend auf den technologischen Typenvertreter des Erzeugnissystems *audatec* ist der technologische Fertigungsfluß im Bild 5.2 dargestellt. Charakteristische Fertigungsabschnitte sind hiernach

Wareneingang
mechanische Einzelteilfertigung von Funktionsbaugruppen und Geräten
Oberflächenbehandlung
Montage von Funktionsbaugruppen und Geräten
Prüfung von Funktionsbaugruppen und Geräten
mechanische Einzelteil- und Baugruppenvorfertigung für Gefäße
Gefäßmontage
Baugruppenvorbereitung und -prüfung
Gefäßprüfung
Versand.

5.2.3. Fertigungsorganisation

Aufgrund des hohen Standardteileumfangs der Gefäßtechnik wie auch der Funktionsbaugruppen und Geräte ist eine Serienfertigung in unterschiedlichster Stückzahl bestimmend. Gleichzeitig zu berücksichtigen ist der auftragsspezifische Charakter der Fertigung der Automatisierungseinrichtungen. Daraus folgt, daß im Fertigungsprozeß der Montage und Bestükkung einschließlich Prüfung sowohl Standardkonstruktionen als auch Einrichtungen mit auftragsbezogenem Charakter zu fertigen sind.

Dabei liegen folgende hauptsächliche Fertigungsanforderungen vor:

- Fertigung von Pultsteuerrechnern mit Gefäßen als Standardfertigung in begrenzter Variantenzahl
- Fertigung von Basissteuereinheiten mit auftragsbezogener Bestückung der internen Ausrüstung sowie Gefäßfertigung nach Standardvarianten
- Prüfung von Einrichtungen, Teilanlagen und Anlagen.

Die Begründung dieser Fertigungsanforderungen liegt in der auftragsspezifischen Struktur der Automatisierungsanlagenbauaufträge, d. h., daß die für die Informationsverarbeitung notwendige Auswahl von Baugruppen und Modulen einschließlich ihrer funktionellen Verknüpfung durch den Projektanten auf der Basis der vorliegenden Aufgabenstellung vorgenommen wird.

Durch die gewählte Organisations- bzw. Fertigungsform wird eine hohe Spezialisierung der Arbeitsplätze als Voraussetzung einer hohen Arbeitsproduktivität bei geringen Durchlaufzeiten, eines übersichtlichen Fertigungsablaufs, einer gleichmäßigen Auslastung der Fertigungsabschnitte und optimaler Transportzeiten erreicht. Gleichzeitig besteht eine ökonomisch effektive Gestaltung der technologischen Fertigungsvorbereitung und -durchführung mit einem hohen Anteil an Standardfertigungstechnologien bzw. ihrer auftragsbezogenen Wiederverwendung.

Aufgrund des bekannten Charakters der Serienfertigung von elektronischen Funktionsbaugruppen und Geräten nach dem Werkstattprinzip wird in den folgenden Abschnitten auf weitere Ausführungen verzichtet, d. h., Gegenstand der weiteren Ausführungen ist die Darstellung und Charakterisierung des unmittelbaren Produktionsprozesses, insbesondere der Gefäßfertigung und -prüfung nach dem Erzeugnisprinzip.

5.2.4. Gefäßfertigung

5.2.4.1. Vorfertigung mechanischer Einzelteile

Die Vorfertigung der mechanischen Teile und Baugruppen der Gefäße erfolgt nach Standardunterlagen der Konstruktion und Technologie in technologisch bedingten Losgrößen. Der einheitliche Gefäßsystemschrank der Basissteuereinheit (EGS) wird in dem für *audatec*-Einsatz modifizierten Teilesortiment gefertigt.

Im folgenden wird ein technologischer Rahmendurchlauf der mechanischen Vorfertigung (Bild 5.3) dargestellt. Nach dem Zuschnitt der Bleche werden Standardausbrüche (Lochraster, Ausklinkungen) auf Exzenterpressen mit Hilfe von Schnittwerkzeugen bzw. auf einer Vielstempelpresse eingebracht.

Danach folgen Arbeitsgänge wie Abkanten von Profilen oder die Fertigung von Abkantungen, Radien oder Kofferungen von Flachteilen. Baugruppen wie z. B. Pultklappen, Konsolen, Seitenwände werden mit Wolfram-Inertgas-Schweißverfahren hergestellt. Versteifungen werden durch Punktschweißverfahren eingebracht. Für die Pultklappe und die Fronttafel der Aufsätze sind zusätzlich auftragsbezogene Ausbrüche herzustellen.

Einzelteile und Baugruppen des inneren Aufbaus sind zum Teil galvanisch zu behandeln.

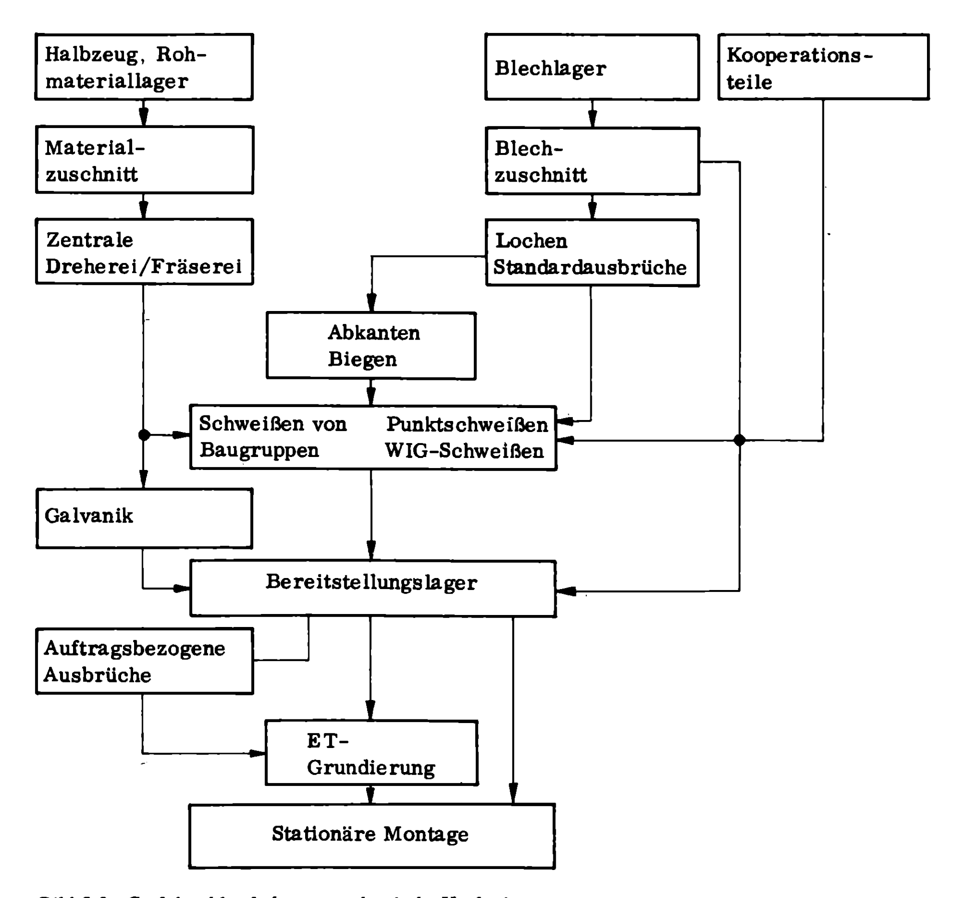


Bild 5.3. Grobdurchlaufschema mechanische Vorfertigung

Kleinteile mit einen Anteil spanender Fertigung werden im Bereich Gerätefertigung in Losgrößen auf Lager gefertigt.

Die gefertigten mechanischen Gefäßbaugruppen werden nach erfolgter Grundierung und Lackierung der stationären Endmontage der Gefäßfertigung übergeben.

5.2.4.2. Montage der Einrichtungen

Die Montage der Einrichtungen Pultsteuerrechner, Pultgefäß, Beistellgefäß, Datenbahnsteuerstation und Basissteuereinheit wird in einem Montagebereich nach gleichen Fertigungsprinzipien und einem einheitlichen Durchlaufschema nach dem Prinzip der unterbrochenen Fließfertigung (s. Abschn. 5.2.3.) an speziell ausgerüsteten Montagearbeitsplätzen durchgeführt. Dabei bestehen im wesentlichen die technologischen Durchlaufschemata

Montage kompletter einbaufähiger Vorfertigungsbaugruppen
Montage kompletter Bestückungsebenen
Montage kompletter Hüll- und Gerüstteilbaugruppen,

in deren Ergebnis alle zur Ausrüstung und Bestückung einer Einrichtung erforderlichen Montagebaugruppen, Geräte, Normteile und Hilfsmaterialien, außer steckbaren Kartenbaugruppen, am Montageband zur Endmontage der Einrichtung bereitgestellt werden. Nach erfolgter Endmontage wird die Automatisierungseinrichtung dem Prüffeld bzw. dem Versand zur Auslieferung übergeben. Die weitere Darstellung des Montageprozesses der Gefäßtechnik erfolgt am Beispiel der Montage des Pultsteuerrechners.

Montage der Pult- und Beistellgefäße. Entsprechend im Bild 5.4 dargestelltem Durchlaufschema ist die Montage der Pult- und Beistellgefäße durch folgende Arbeitsschritte gekennzeichnet:

Montage von Hüll- und Gerüstteilen. Die im Bereitstellungslager eingelagerten mechanisch vorgefertigten Blechbaugruppen durchlaufen als Zwischenschritt die Oberflächenbehandlungsanlage bzw. die Galvanik.

Montage kompletter Bestückungsebenen. Für das Pultleergefäß erfolgt die Montage der Baugruppenaufnahme als „Blechbaugruppe“ im Geräteaufbau in Handmontage.

Montage von Vorfertigungsbaugruppen. Diese Baugruppen umfassen sowohl mechanische Baugruppen, wie komplett montierte Anschlußebene, Kassetteneinschubträger als auch Funktionsbaugruppen, wie Stromkreisverteilerschiene, Übergabeleiste, Einschübe. Nach erfolgter kompletter mechanischer Ausrüstung, Bestückung mit elektronischen Baugruppen und nachfolgender Verdrahtung wird eine Funktionsprüfung entsprechend vorliegenden Prüfforderungen durchgeführt.

Endmontage. Aufgrund der Variantenvielzahl an Gefäßausführungen erfolgen Zuführung und Bereitstellung aller Montagebaugruppen im Montagespeicher. Die Zuführung der Montagebaugruppen zum Pultmontageplatz ist dadurch auch je Einzelgefäß organisiert. Auf einer Montagevorrichtung erfolgt die Montage des Pultgefäßes.

Nachdem das Pultgefäß vollständig montiert ist, erfolgt der Einbau des Pultsteuerrechners, der als komplette Montagebaugruppe gleichfalls an dem Montagespeicher gefäßbezogen bereitgestellt wird.

Die komplette Einrichtung Leergefäß-Pultsteuerrechner bzw. Leergefäß-Datenbahnsteuerstation oder Beistellgefäß wird dem Prüffeld und nachfolgend dem Versand zugeführt.

Montage des Pultsteuerrechners und der Datenbahnsteuerstation. Nach im Bild 5.4 dargestelltem Durchlaufschema ist die Montage des Pultsteuerrechners und der Datenbahnsteuerstation wie folgt charakterisiert:

Im Geräteaufbau erfolgt die Montage des Pultsteuerrechners an einem Handmontageplatz, indem in die Baugruppenaufnahme die Baugruppen Grundeinheit unbestückt, Stromversorgungskassette unbestückt, Lüfterkassette und komplette Einspeisekassette fest verschraubt werden.

Am nachfolgenden Arbeitsplatz werden sämtliche Verdrahtungsarbeiten durchgeführt. Als

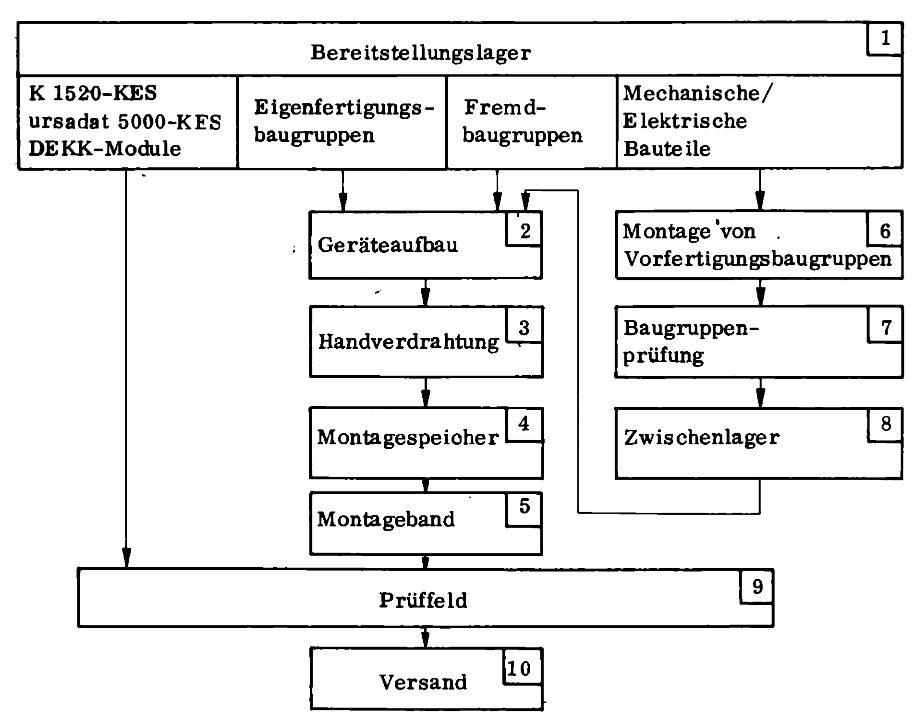


Bild 5.4. Technologischer Durchlauf Montage Pultsteuerrechner und Datenbahnsteuerstation

Arbeitsverfahren werden die Anschlußverfahren Wickeln, Rollpressen, Klemmen und Löten eingesetzt.

Nach dem Durchlauf im Montagespeicher, der zur Bereitstellung aller Baugruppen für die Endmontage dient, wird der Pultsteuerrechner am Montageband in das montierte Leergefäß eingeschoben, arretiert und anschließend dem Prüffeld zugeführt. Innerhalb der Montage der Vorfertigungsbaugruppen, in die die baugruppenbezogene Prüfung eingeschlossen ist, werden solche Baugruppen wie Übergabeleiste, Magnetbandkassetteneinschub mit Versorgungskabel gefertigt und dem Geräteaufbau bereitgestellt. Der Montageprozeß der Datenbahnsteuerstation erfolgt nach dem gleichen technologischen Fluß unter der Beachtung einer unterschiedlichen Hardwarebestückung.

Die Bestückung mit Stromversorgungs-, Überwachungs- und Rechnerbaugruppen erfolgt in der Phase der Funktionsprüfung im Prüffeld.

Montage der Basissteuereinheit. Der Montageprozeß der Basissteuereinheit erfolgt nach einem ähnlichen Ablauf wie beim Pultgefäß. Es werden alle Montagebaugruppen eines Gefäßes entsprechend Durchlaufschema (Bild 5.4) im Montagespeicher bereitgestellt, und am Montageband wird zunächst das Leergefäß montiert und danach der vollständig bestückte und verdrahtete Festrahmen mit Anschlußfeld angeschlossen und im Gefäß verschraubt.

Neben den baugruppenbezogenen konstruktiven Unterschieden der Gefäß- bzw. Bestükkungsbaugruppen besteht als wesentlicher Unterschied zum Pultgefäß, daß die interne Schrankbestückung bzw. -verdrahtung einebenenbezogen durch die Montage und Bestückung des Festrahmens mit dem Anschlußfeld im Geräteaufbau und nachfolgender Verdrahtung am Arbeitsplatz Handverdrahtung erfolgt.

5.3. Prüfung von Baugruppen, Gefäßen und Anlagen

5.3.1. Umfang der Prüf- und Inbetriebnahmearbeiten

Der Umfang der Prüf- und Inbetriebnahmearbeiten entspricht dem Inhalt einer Erzeugnisendprüfung innerhalb der Produktionskontrolle. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit einer Automatisierungsanlage oder -teilanlage erfolgt in der Regel je MSR-Stelle (Kommunikationsstelle) mit oder ohne Medium bzw. Koppelung der technologischen Anlage und beinhaltet zugleich den Abgleich zur Erfüllung der festgelegten Übertragungsfunktionen einbezogen der festgelegten Güteforderung.

Unter dem Begriff *Prüfung* wird im folgenden der Nachweis der Funktionsfähigkeit einer Automatisierungsteilanlage durch Simulation der Baugruppen und Bauteile der Informationsgewinnung und -übertragung verstanden.Der Nachweis der Funktionsfähigkeit erfolgt in der Regel je Verarbeitungsstufe, d. h., daß entsprechend dem festgelegten Produktionsdurchlauf in der stationären Fertigung in den einzelnen Fertigungsabschnitten erforderliche Prüfarbeitsgänge zur Sicherung einer hohen Erzeugnisqualität eingeordnet sind.

Umfang, Qualität und Aufwand der Prüfprozesse werden bestimmt durch den Kompliziertheitsgrad und die Struktur der Hard- und Software der Automatisierungsanlage sowie durch den Umfang und die Detailliertheit der an das auftragsbearbeitende Personal der Projektierung, Konstruktion, Fertigung, Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung und Kundendienst übergebenen Informationen.

Folgende wesentliche Schnittstellen beeinflussen die Qualität und Funktionsreife des Erzeugnisses:

Entwicklung/Technologie	– Projektierung/Konstruktion
Projektierung/Konstruktion	– stationäre Fertigung
stationäre Fertigung	– Montage/Inbetriebnahme
Montage	– Inbetriebnahme
Technologie	– stationäre Fertigung, Montage, Inbetriebnahme.

Die eindeutige Definition der Aufgabeninhalte der dargestellten Schnittstellen ist eine wesentliche Voraussetzung sowohl für die Minimierung der erforderlichen Prüfumfänge als auch für die Gestaltung klar abgegrenzter Arbeitsschritte des Prüf- und Inbetriebnahmeprozesses. Ihre inhaltlichen Aussagen sind in den Ausführungen zu den Arbeitsunterlagen dargestellt.

5.3.2. Prüfkonzeption

Die erforderlichen grundsätzlichen Festlegungen zur Prüfung von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern sollen am Beispiel der Prüfkonzeption für das Erzeugnissystem *audatec* dargestellt werden:

Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern stellen sowohl aufgrund ihrer breiten funktionellen Lösungskonzeption als auch durch den Einsatz mikroelektronischer Baugruppen einschließlich ihrer Vernetzung zu komplexen auftragsabhängigen Automatisierungsstrukturen besondere Forderungen an die Sicherung der Erzeugnisendqualität. Das bedeutet, daß die Gliederung des gesamten Produktionsprozesses der stationären Fertigung wie auch der Baustellenmontage und Inbetriebnahme diesen Bedingungen Rechnung tragen muß, indem durch eine inhaltliche geschlossene Prüf- und Inbetriebnahmemethodik rationelle Prüfverfahren und -arbeitsschritte auf der Grundlage erforderlicher Prüfumfänge und betriebliche Schnittstellen des Produktionsprozesses zur Sicherung der Funktion als wesentlicher Parameter der Erzeugnisqualität festgelegt sind.

Für Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern können folgende Prüfungen festgelegt werden:

1. baugruppenbezogene Prüfung mit dem Ziel des Funktionsnachweises von Eigenfertigungsbaugruppen, wie Lüfterkassette, Einspeisemodul, Netzanschlußeinheit u. a. bzw. des Funk-

tionsnachweises von angelieferten Baugruppen der Herstellerindustrie, wie Baugruppen des Systems ursadat 5000, Robotron K 1520, periphere Geräte u. a.
2. gefäßbezogene Prüfung mit dem Ziel eines komplexen hardwarebezogenen Funktionsnachweises
3. Funktionsprüfung von Teilanlagen bzw. Anlagen der Informationsverarbeitung als Abschluß der stationären Fertigung
4. Inbetriebnahme der Automatisierungsanlagen unter Baustellenbedingungen.

Bedingt durch den hohen Entwicklungsaufwand an Prüfverfahren, Prüfmitteln und Technologien, aber auch durch den erforderlichen Zeitaufwand (Prüfzeitaufwand) je Prüfling entsprechen die verschiedenen Hierarchieebenen des Prüfprozesses der Zielstellung, durch eine strenge Gliederung der Prüfarbeitsschritte dem vorliegenden Kompliziertheitsgrad und erforderlichen Prüfumfang Rechnung zu tragen.

Die klare Abgrenzung erforderlicher Prüfschritte stellt die unmittelbare Voraussetzung dar für eine Gestaltung des Prüfprozesses unter Fließfertigungs- bzw. Serienfertigungsbedingungen mit vertretbarem technisch-ökonomischem Aufwand. Das schließt gleichzeitig die Bereitstellung modular anwendbarer Prüfsoftware und -technologien, speziell für die Hardwareprüfaufgaben, ein.

In gleicher Hinsicht sind die prüftechnologischen Grundsatzfestlegungen für den Prüfaufgabenumfang des *audatec*-Erzeugnissystems sowohl für den stationären Fertigungsbereich als auch für den Funktionsnachweis unter Inbetriebnahmebedingungen definiert, so daß eine geschlossene Prüfmethodik unter der Berücksichtigung des Fehler- und Überwachungssystems der Firmware über den gesamten Produktionsprozeß eines Automatisierungsanlagenbauauftrags besteht. Diese Aussage ist auf die unterschiedlichen *audatec*-Erzeugnisvarianten autonomer Automatisierungseinrichtung, Kleinverbund- und Großverbundanlagen zu verallgemeinern, für die ein inhaltlich abgestimmtes System von Erzeugnisbeschreibung, Projektdokumentation einschließlich Firmwaredokumentation sowie Prüftechnologien einschließlich erforderlicher Hardwareeinrichtungen, wie Simulatoren, Bediengeräten u. a., bereitgestellt werden. Damit wird gleichzeitig einer einfachen und übersichtlichen Handhabung der technologischen Prüfunterlagen, Eingrenzung der Prüfsoftware wie auch Qualifizierung des Prüfpersonals Rechnung getragen.

5.3.3. Prüfablauf für Baugruppen der Zulieferindustrie

5.3.3.1. Grundsätze

Entsprechend der festgelegten Geräte- und Anlagenkonfiguration ist es erforderlich, eine Auswahl der für die Bestückung eines Einzelgefäßes erforderlichen Baugruppen projekt- bzw. zeichnungssatzbezogen vorzunehmen. Diese umschließt die Baugruppen der Rechnerkarten des Systems K 1520, der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Karten sowie Überwachungsbaugruppen des Systems ursadat 5000 und die DEKK-Stromversorgungsbaugruppen.

Dabei kommen umfangreiche Baugruppenvorbereitungs- und Prüfprogramme zur Anwendung, die eine kartenbezogene Adressierung, auftragsabhängige Kennzeichnung, Bestückung und Programmierung mit Speicherschaltkreisen sowie die Funktionsprüfung umfassen.

Zielstellung dieser Komplettierungs- und Prüfarbeiten ist das Zurverfügungstellen von funktionsgeprüften Kartenbaugruppen für die gefäßbezogene Hardwareprüfung je Rechnerebene.

Die zu prüfenden Baugruppen und peripheren Geräte durchlaufen nach einer definierten Arbeitsschrittfolge speziell ausgerüstete Komplettierungs- und Prüfarbeitsplätze im Prüffeldbereich der baugruppenbezogenen Funktionsprüfung.

5.3.3.2. Prüfablauf

Entsprechend Bild 5.5 werden die erforderlichen Baugruppen je *audatec*-Funktionseinheit Pultsteuerrechner, Datensteuerstation bzw. Basissteuereinheit vom Bereitstellungslager dem Prüfbereich angeliefert. Nach einer Kontrolle auf Vollständigkeit und Durchführung einer Sichtprüfung erfolgt die Sortierung der Baugruppen entsprechend Projektunterlage sowie steckplatzbezogen je Funktionseinheit. Die nach Bestückungsumfang je Rechnerebene (Kassette) in einem Transportbehälter sortierten K 1520-, ursadat 5000- sowie Eigenfertigungskartenbaugruppen durchlaufen den Prüfbereich mit den Stationen

Prüfplatz K 1520-Baugruppen
Arbeitsplatz Adressierung/Programmierung/Bezeichnung
Prüfplatz ursadat 5000-Baugruppen
Prüfplatz Überwachungsbaugruppen, Stromversorgungsbaugruppen.

Die Prüfung der K 1520-Rechnerbaugruppen umfaßt die Funktionsprüfung aller eingesetzten Rechnerbaugruppen mittels kartenbezogener Einzelprüfprogramme an einem speziell ausgerüsteten Prüfrechner, was in analoger Weise auch für die ursadat-5000-Baugruppen gilt.

Am Arbeitsplatz Adressierung/Programmierung/Bezeichnung werden alle Kartenbaugruppen nach Projektunterlage je Pultsteuerrechner, Datensteuerstation, Basissteuereinheit wickeladressiert und mit Haftetiketten gekennzeichnet. Gleichfalls erfolgt die Bestückung der Festwertspeicherbaugruppen mit den programmierten und gleichfalls gekennzeichneten EPROM.

Am Arbeitsplatz EPROM-Programmierung werden die bereitgestellten EPROM mittels der von der Projektierung auftragsbezogen übergebenen Datenträger programmiert und geprüft.

Die Stromversorgungs- und Überwachungsbaugruppen des Systems ursadat 5000 werden an einem speziellen Prüfplatz einem grundsätzlichen Funktionstest bezüglich ihrer einrichtungsbezogenen Versorgungs- und Überwachungsfunktionen unterzogen. Die peripheren Lochbandleser, Lochbandstanzer und Kassettenmagnetbandgeräte werden an einem speziell ausgerüsteten Peripherieprüfplatz einem Funktionstest unter Einbeziehung eines Prüfrechners unterzogen, innerhalb dessen eine grundsätzliche Funktionsaussage im Sinne der Datenübertragung erfolgt. Am Prüfplatz peripherer Geräte wird gleichfalls softwaregestützt ein Funktionstest der Farbmonitore durchgeführt.

Arbeitsplatzgestaltung

Die erforderlichen Arbeitsplätze sind im Prüffeldbereich Baugruppenfunktionsprüfung eingeordnet, an denen den speziellen Bedingungen des Arbeitsschutzes, der Betriebssicherheit sowie des Arbeitsklimas Rechnung getragen wird.

Wesentliche Arbeitsmittel:

- Prüfrechner für K 1520- und ursadat 5000-Kartenbaugruppen
- Prüfrechner für periphere Geräte
- Programmier- und Prüfeinrichtung für EPROM-Schaltkreise
- Simulatoren für analoge Geber- sowie digitale Eingangs- und Ausgangssignale
- Digitalvoltmeter, Wickelwerkzeug.

Wesentliche Arbeitsunterlagen:

- Projekt- und Fertigungsunterlagen, wie Kartenadressierungsplan, Belegungsplan, Datenträgerkennzeichnungen
- Betriebsdokumentation K 1520, ursadat 5000
- arbeitsplatzbezogene technologische Prüfvorschriften je Baugruppentyp.

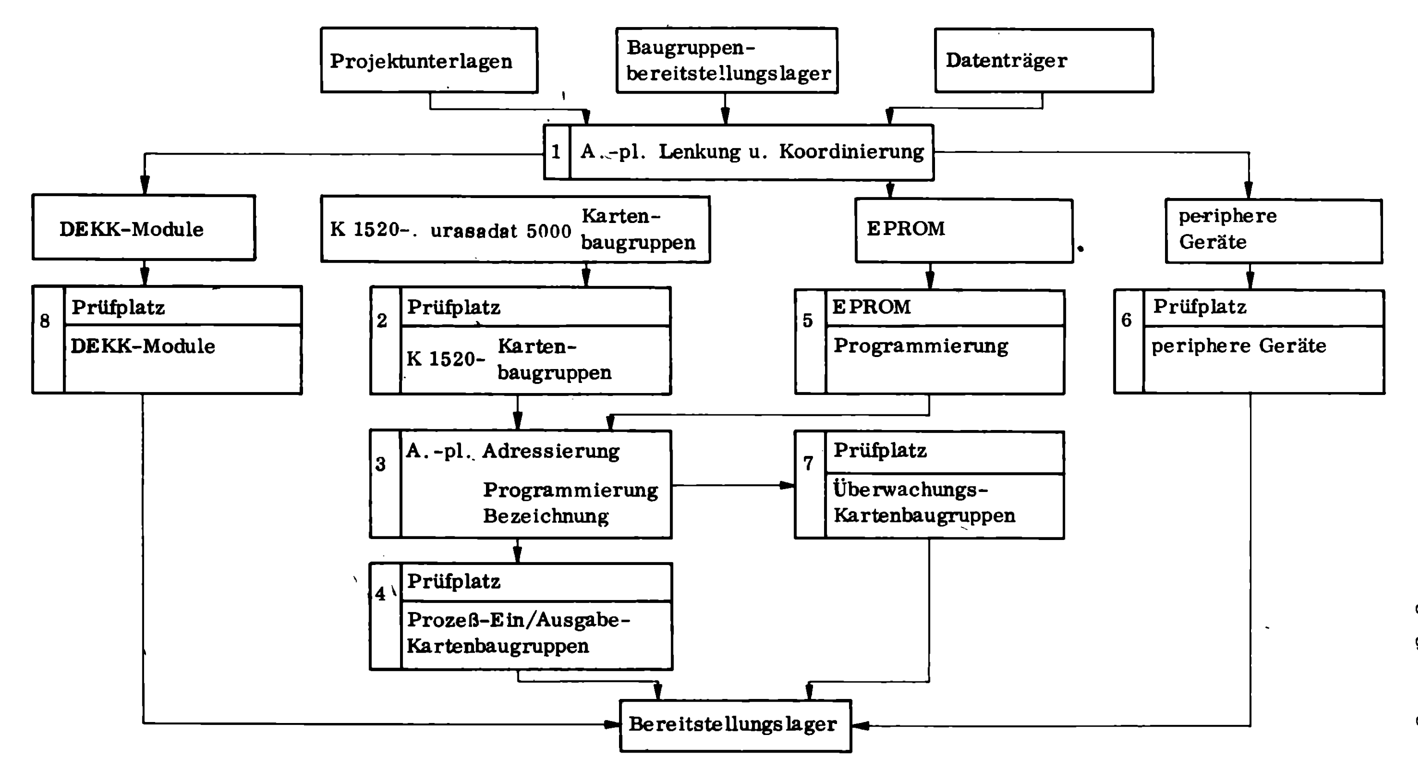


Bild 5.5. Durchlaufschema Prüfung von Kartenbaugruppen

5.3.4. Prüfung von Eigenfertigungs-Funktionsbaugruppen

Gegenstand dieses Prüfprozesses ist der baugruppenbezogene Funktionsnachweis aller Eigenfertigungs-Funktionsbaugruppen, wie

Ansteuerkarten, Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Karten, Überwachungskarten
Tastatur
Netzanschlußeinheit/Einspeisemodul
Lüfterkassette
Kabelbaugruppen.

Diese Baugruppen werden auf der Grundlage eines Standardzeichnungssatzes in definierten Varianten als einbaufähige Einzelbaugruppen gefertigt und geprüft. Aufgrund des konstruktiv und funktionell unterschiedlichen Aufbaus besteht für jede Baugruppe ein eigenständiger Fertigungs- sowie Prüfprozeß im Sinne einer klassischen Baugruppenmontage und -prüfung von elektrischen und elektronischen Baugruppen mit Seriencharakter. Zielstellung dieses Prüfabschnitts ist somit der Funktionsnachweis je Einzelbaugruppe entsprechend technischer Beschreibung und Kennblattanforderungen, d. h., je nach Schwierigkeitsgrad werden die Prüfebenen Bauelementevorprüfung, Sichtprüfung, Schutzleiterprüfung, Nachweis des Isoliervermögens, Verdrahtungsprüfung sowie Funktionsprüfung durchlaufen.

Die durchzuführenden Prüfaufgaben werden im wesentlichen im Prüffeld der Gerätefertigung an speziell ausgerüsteten Baugruppenprüfplätzen durchgeführt.

Wesentliche Arbeitsmittel:

- Gleichspannungsregler, Vielfachmesser, Digitalvoltmeter, Adaptiereinrichtungen
- Prüfrechner für Kartenbaugruppenprüfung einschließlich Testprogrammen
- baugruppenbezogene Prüfhilfsmittel.

Wesentliche Arbeitsunterlagen:

- Zeichnungssätze, Prüftechnologien je Einzelbaugruppe.

5.3.5. Gefäßbezogene Prüfung

5.3.5.1. Grundsätze

Bei der Konzeption des Prüfablaufs von *audatec*-Einrichtungen werden die besonderen Anforderungen an den Funktionsnachweis von speicherprogrammierbaren Systemen zugrunde gelegt, d. h., daß im Gegensatz zu verdrahtungsprogrammierten Systemen die Prüfabläufe bzw. technische Diagnostik stets die zwei Komponenten Hard- und Software der zu prüfenden Funktionseinheit beinhalten. Damit wurde für den Prüfablauf der *audatec*-Einrichtungen ein Prüfkonzept mit einer Arbeitsfolge, die eine Lokalisierung der Fehlersuche nach der Hardware- bzw. Softwarekomponente ermöglicht, festgelegt.
Diese sichert, daß die Bestimmung der eindeutigen Funktion bzw. die *Fehlerzuordnung* nach

- fehlerhaften Hardwarebaugruppen, wie austauschbare Karteneinschübe, EPROM u. a.
- fehlerhafter Verknüpfung der Hardwarebaugruppen, wie Verdrahtungs- und Kontaktierfehler
- Firmwarefehler

gesichert wird. Dadurch, daß der Funktionsnachweis von Hardwarebaugruppen der Systemschnittstelle Mikrorechnerbus (Daten-, Steuer-, Adreßbus) nur mittels funktionsbezogener Hardwarebaugruppen-Prüfsoftware realisiert werden kann, ist eine Funktionsaussage der Hardwarebaugruppen bzw. die Ermittlung einer fehlerhaften Hardwarebaugruppe nur dann gegeben, wenn auf einen unbedingt funktionsfähigen Hardwareteil Bezug genommen werden kann. Um dieser Zielstellung zu entsprechen, wurde eine klare Trennung des Prüfablaufs in eine Funktionsprüfung der Hardware und eine danach folgende Prüfung der Firmware realisiert. Das bedeutet, daß

- für den Funktionsnachweis der Hardware funktionsorientiert aufgebaute Prüfprogramme sowie spezielle funktionsfähige Prüfhardware
- für den Funktionsnachweis der Firmware die komplett generierte Firmware in einer Funktionseinheit mit den enthaltenen Fehlerdiagnose-, Überwachungs- und Verarbeitungsprogrammen

den Prüfgegenstand darstellen. Dabei ist die sichere und zuverlässige Kontaktierung an der Systemschnittstelle Mikrorechnerbus eine unbedingte Voraussetzung.

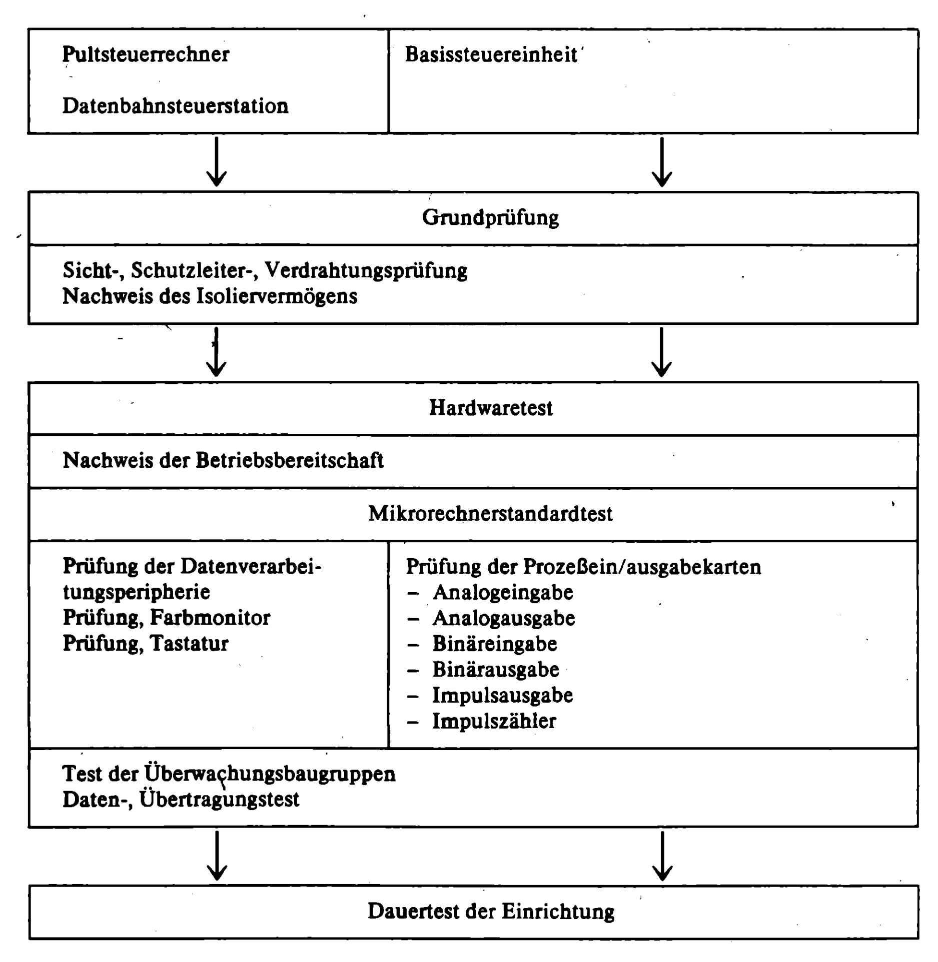


Bild 5.6. Prüfablauf der gefäßbezogenen Prüfung

Im Bild 5.6 sind die grundsätzlichen Prüfabläufe für die Funktionsbaugruppen zusammengefaßt. Daraus ist ersichtlich, daß für alle Funktionseinheiten ein gleicher Prüfablauf mit den Arbeitsschritten Grundprüfung, Hardwaretest, Firmwaretest und Dauertest festgelegt ist. Die Durchführung von Grundprüfung und Hardwaretest erfolgt stets gefäßbezogen je Funktionseinheit an speziell ausgerüsteten Prüfarbeitsplätzen.

Der Firmwaretest als Nachweis der System- und Prozeßkommunikationsfähigkeit erfordert

stets das Zusammenschalten der Funktionseinheiten Pultsteuerrechner, Datenbahnsteuerstation und Basissteuereinheit entsprechend der gewählten Anlagenkonfiguration je Anlagenbauauftrag, so daß dadurch gleichzeitig der Funktionsnachweis von Automatisierungsteilen bzw. -anlagen realisiert wird.

5.3.5.2. Prüfablauf

Der Prüfablauf der Hardwareprüfung schließt sowohl die Grundprüfung als auch den nachfolgenden Hardwaretest je Einzelgefäß ein und ist für alle Einrichtungen mit Mikrorechnern verbindlich.

Die *Grundprüfungen* beinhalten die Sicht-, die Schutzleiterprüfung, den Nachweis des Isoliervermögens und die Verdrahtungsprüfung. Ergebnis der Grundprüfung ist die Freigabe einer projektgerecht montierten, bestückten und verdrahteten Einrichtung für die gefahrlose Netzschaltung der nachfolgenden Hardwarefunktionsprüfung.

Arbeitsschritte der Grundprüfung

1. *Sichtprüfung der Einrichtung mit den Teilaufgaben*
   - Überprüfung der handrevidierten Fertigungs-, Projektunterlagen auf Vollständigkeit
   - Begutachtung des Leergefäßes, wie Maßgenauigkeit, Winkligkeit, Oberflächengüte u. a.
   - Überprüfung der Montageausführung und Bestückung
   - Prüfung der Beschriftung und Beschilderung.
2. *Schutzleiterprüfung mit den Teilaufgaben*
   - Sichtprüfung auf vorschriftsmäßige Verlegung und vollständige Schutzleiterverbindungen einschließlich Kennzeichnung.
   - Prüfung der Farbkennzeichnung, Leitertyp und Verbindungselemente
   - Prüfung des Schutzleiterquerschnitts und Überstromschutzeinrichtungen
   - Überprüfung der Verbindungen Gerät–Schutzleiteranschlußstelle bzw. Gehäuseteile untereinander.
3. *Nachweis des Isoliervermögens*

   Entsprechend der Einordnung der Einrichtungen nach Bestückungsgrad und Potentialgruppen erfolgt der Nachweis des Isoliervermögens mittels einer Prüfwechselspannung zwischen 500 V und 3,5 kV mit einer Zeitspanne von 2 s Prüfzeit. Die Prüfschritte beinhalten die Prüfung aller externen Anschlußpunkte der Zelleneingänge, -ausgänge gegen Masse sowie Prüfung des Isoliervermögens untereinander. Erfolgt kein Durchschlag, so gilt die Prüfung als bestanden.
4. *Verdrahtungsprüfung mit den Teilaufgaben*
   - Sichtprüfung der Verdrahtung, wie Prüfung der verwendeten Drahtquerschnitte, Farbkennzeichnung, ordnungsgemäße Verlegung
   - Durchführung der Verdrahtungsprüfung mittels Handprüfung sämtlicher Leitungsverbindungen zur Erkennung und Beseitigung von Kurzschlüssen bzw. Leitungsunterbrechungen, fehlenden bzw. zusätzlichen Verbindungen auf der Basis der gefäßbezogenen Verdrahtungsunterlagen.

Für alle Grundprüfungen bestehen räumlich getrennte Arbeitsbereiche mit speziell ausgerüsteten Arbeitsplätzen.

Wesentliche Arbeitsmittel: Vielfachmesser, spezielle Adapter für elektrische Anschluß- und Verbindungselemente, Wechselspannungsprüfgerät WIP6, manuelle Prüfverdrahtungseinrichtungen.

Wesentliche Arbeitsunterlagen: Prüftechnologien je Prüfplatz sowie Projekt- und Fertigungsunterlagen, wie Stücklisten, Belegungs-, Verdrahtungsunterlagen, Bauschaltunterlagen, Ansichtszeichnungen, Schilderlisten u. a.

Der *Hardwaretest* beinhaltet den Nachweis der Betriebsbereitschaft, den Mikrorechnerstan-

dardtest, die Überprüfung von Speicher, Überwachungs-, Ansteuer- und Eingabe/Ausgabe-Modulen innerhalb der zu prüfenden Einrichtung mit der Zielstellung des Funktionsnachweises aller hardwarebezogenen Einzelfunktionen.

Arbeitsschritte des Hardwaretestes

1. Nachweis der Betriebsbereitschaft

Voraussetzung: grundgeprüfte *audatec*-Einrichtung, Module der Stromversorgung und Rechnerkassette sind gezogen

Arbeitsmittel: Trennstelltrafo mit Netzkabel, Digitalvoltmeter, Logiktester, Durchgangsprüfer, Adapterkarten, Simulationstechnik für Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Signale

Arbeitsunterlagen: Einrichtungsbezogene Prüftechnologie und Stromlaufplan, Einzelprüftechnologie je Modul, Gerätezusammenschaltungsplan, Belegungspläne.

Arbeitsablauf:

- Netzspannung anlegen und zuschalten
- Überprüfung des Einspeisemoduls bzw. der Netzanschlußeinheit auf Grundfunktion einschließlich Kontrolle der gefäßinternen 220-V-Verteilung
- Test der Hilfsenergie-Überwachungsfunktionen durch Simulation von Ausfallzuständen und Auswertung der Überwachungsanzeigen an den gesteckten Überwachungsbaugruppen
- Test der Funktionsfähigkeit der Stromversorgungsmodule durch Auswerten der Überwachungsbaugruppen und Kontrolle der Ausgangspegel durch schrittweises Bestücken mit Stromversorgungsmodulen
- Test der Nennbelastbarkeit der Stromversorgungsmodule durch Bestücken mit den projektierten Rechnerkarten einschließlich der Anschlußkabel und Versorgung der peripheren Geräte
- Überprüfung des Überwachungsbausteins durch Simulation von Hilfsenergieausfällen
- Überprüfung der Überwachung des Ausfallverhaltens der Lüfter durch Simulation des Lüfterausfalls
- Überprüfung des NMI-Signals bei Hilfsenergiepegel 182 V Ws, mittels Logiktesters am Grundbus
- Eintragung des Prüfkontrollvermerks.

2. Mikrorechnerstandardtest

Voraussetzung: grundgeprüfter und erfolgreich abgeschlossener Nachweis der Betriebsbereitschaft der Einrichtung

Arbeitsmittel: Bedieneinheit K 7622, Logiktester, Digitalvoltmeter, programmierte Festwertspeicherkarte mit kartenbezogenen Einzelprüfprogrammen, Datenträger mit Prüfdaten

Arbeitsunterlagen: Zeichnungssatz Pultsteuerrechner, Datenbahnsteuerstation, Projektunterlagen Basissteuereinheit, Einzelprüftechnologien, Betriebsdokumentation K 1520/ursadat 5000

Arbeitsablauf: Der Prüfablauf des Mikrorechnerstandardtestes ist charakterisiert durch die Prüfung aller zur Grundausrüstung eines K 1520-Rechners gehörenden Rechnerkarten mittels spezieller Einzelprüfprogramme, innerhalb dessen das funktionelle Zusammenwirken zwischen verdrahtetem Grundbus, zentraler Recheneinheit, Speicherkarten sowie Überwachungsbaugruppe UEW nachgewiesen wird.

Als grundsätzlicher Arbeitsablauf gilt, daß auf einer zu steckenden Prüfspeicherkarte alle Prüfeinzelprogramme mit festen Adressen über eine angeschlossene Bedieneinheit K 7622 aufgerufen werden können. Nach Durchlaufen des Prüfprogramms erfolgt in Abhängigkeit von der erreichten Endadresse die Bewertung des Funktionsnachweises bzw. eine Fehlerbyteauswertung.

Mit der Reihenfolge

Test der Überwachungsfunktionen der UEW-Kartenbaugruppe
RAM-Prüfung
EPROM-Prüfung
CTC-Test

erfolgt der Nachweis einer eindeutigen funktionellen Bewertung des Funktionsumfangs der Einzelkarten bzw. der Überprüfung der Überwachungsfunktionen.

Je Einrichtung wird folgende Erweiterung des Hardwaretestumfangs durchgeführt:
Pultsteuerrechner. Entsprechend der vorliegenden Pultsteuerrechnervariante wird in analoger Weise die Überprüfung der Ansteuerkarte durchgeführt. Der Nachweis der Grundfunktion erfolgt unter Einbeziehung der peripheren Geräte, so daß sowohl Dateneingabe- als auch -ausgabefunktionen mittels spezieller Prüfprogramme bzw. definierter Datenmengen realisiert werden.

In den Arbeitsschritten

- Prüfung der Tastaturansteuerkarte einschließlich angeschlossener Bedientastatur
- Prüfung der ADA-Ansteuerkarte einschließlich angeschlossener Lochbandleser und Stromversorgungseinheiten
- Prüfung der ADA-Ansteuerkarte einschließlich angeschlossenem Seriendrucker 1156
- Prüfung der AKB-Ansteuerkarte mit Prüfadapter
- Prüfung der Monitoransteuerkarte einschließlich angeschlossenem Monitor

wird die Funktionsfähigkeit der Rechnerkarten nachgewiesen.
Der Nachweis der Funktionsfähigkeit der ZI-Karte bezüglich ihrer Datenübertragungsfähigkeit wird als gesonderter Prüfschritt durchgeführt, indem eine definierte Datenmenge zu übertragen und auf Fehlerfreiheit zu überprüfen ist.

Zusätzlich erfolgen Kontrolltests bezüglich simulierter Ausfallzustände und ihrer Überwachung am UEW-Baustein.
Datenbahnsteuerstation. Es erfolgt in gleicher Form wie beim Pultsteuerrechner der Datenübertragungstest sowie der Überwachungstest.
Basissteuereinheit. In Abhängigkeit von der auftragsbezogenen Bestückung mit Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Karten erfolgt in analoger Weise die kartenbezogene Hardwareprüfung mittels Einzelprogrammtests unter Einbeziehung der erforderlichen Simulation von analogen bzw. digitalen Prozeßeingangssignalen bzw. Messung und Anzeige von analogen und digitalen Prozeßausgabesignalen.

Der zu prüfende Kartenumfang beinhaltet ausschließlich Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Karten des Systems ursadat 5000, gegliedert nach

analogen Eingabekarten, aktive bzw. passive Geber
analogen Ausgabekarten, ein- bzw. fünfkanalig
Binäreingabekarten, statisch und dynamisch
Binärausgabekarten verschiedener Pegel
Impulsausgabe- und Zählerkarten verschiedener Pegel.

Der Funktionsnachweis der Datenübertragung erfolgt nach gleichem Schema, wie im Abschnitt Pultsteuerrechner dargestellt.

5.3.6. Prüfung von Teilanlagen und Anlagen

5.3.6.1. Zielstellung

Zielstellung der Prüfung von Teilanlagen und Anlagen ist der hardware- und softwarebezogene Funktionsnachweis von Klein- und Großverbundanlagen sowie von autonomen Automatisierungseinrichtungen in den Arbeitsschritten (Bild 5.7)

Systemtest Pultsteuerrechner, autonomer Betrieb
Systemtest Datenbahnsteuerstation, autonomer Betrieb
Kopplung Pultsteuerrechner mit Datensteuerstation und Basissteuereinheit
Durchführung des Firmwaretestes je Teilanlage
Zusammenschaltung aller Einrichtungen zur vollständigen Automatisierungsanlage
Durchführung des Anlagentestes.

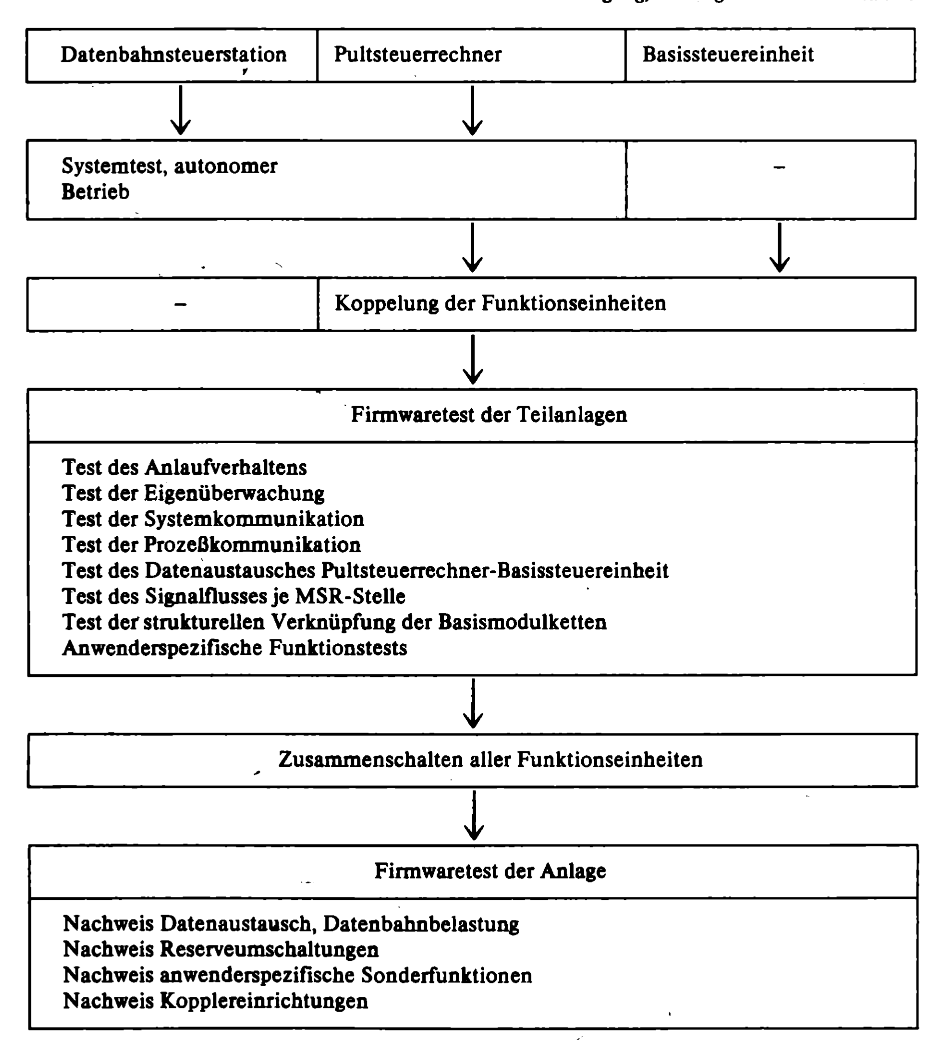


Bild 5.7. Prüfablauf der Teilprüfung/Anlagenprüfung

Die Charakterisierung der einzelnen Arbeitsschritte wird im folgenden am Beispiel des Prüfablaufs einer *audatec*-Kleinverbundanlage dargestellt.
Im folgenden werden die Arbeitsschritte der Prüfung von Teilanlagen und Anlagen dargestellt.

5.3.6.2. Systemtest Pultsteuerrechner, autonomer Betrieb

Voraussetzung: hardwaregeprüfter Pultsteuerrechner.
Arbeitsmittel:
- Pultsteuerrechner mit Datenverarbeitungsperipherie
- Datenträger mit pultsteuerrechnerbezogenem Anwenderprogramm.

Arbeitsunterlagen:
- Beschreibung System- und Prozeßkommunikation
- Prüftechnologie Pultsteuerrechner
- Vollständige Projektunterlagen.

Arbeitsablauf:
- Überprüfung der Anlaufroutine
- Überprüfung der Funktion der Eigenüberwachung, wie Test der ROM/RAM-Speicher
- Einlesen der Stationskassette zur Übernahme von auftragsspezifischen Daten, wie Wörterbücher, KOMS-Parameter u. a.
- Auswertung und Test Betriebsarten
- Test aller in der Einrichtung enthaltenen Ausfallüberwachungsfunktionen durch einmalige Simulation der Ausfallkriterien bzw. Simulation Lüfterausfall und Kontrolle der erfolgten Rechnerabschaltung mit RAM-Stützung
- Überprüfung aller Systemkommunikationsmöglichkeiten durch einmaliges Eingeben aller Einzelfunktionen
- Test der Prozeßkommunikation entsprechend der eingeschränkten Pultsteuerrechner-Betriebsart.

Die einzelnen Grundarbeitsschritte sind gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Einzeltestschritten, deren grundsätzlicher Arbeitsinhalt durch Bedienfunktionen, Auswertefunktionen des Farbmonitors sowie der Hardwareüberwachungselemente bzw. Simulationshandlungen zur Erzeugung von Ausfallzuständen gekennzeichnet ist.
Das Ergebnis der Funktionsprüfung Pultsteuerrechner, autonomer Betrieb ist eine komplett funktionsfähige Pultsteuerrechnereinheit mit getestetem Anwenderprogramm (außer Prozeßkommunikation).

5.3.6.3. Systemtest Datenbahnsteuerstation, autonomer Betrieb

Voraussetzung:
- hardwaregeprüfte Datenbahnsteuerstation.

Arbeitsmittel:
- Datenbahnsteuerstation in redundanter Ausführung mit abgelegtem Betriebssystem
- Kabelgarnituren zur Busverbindung.

Arbeitsunterlagen:
- Prüftechnologie Datenbahnsteuerstation
- Projektteil Datenbahnsteuerstation

Arbeitsablauf:
- Kontrolle der Anlaufroutine
- Kontrolle der Datenübertragung
- Kontrolle der Eigenüberwachung
- Kontrolle der Systemredundanz der Datenbahnsteuerstation.

5.3.6.4. Firmwaretest und Test der Strukturierdaten je Teilanlage

Voraussetzung:
- funktionsgeprüfter Pultsteuerrechner bzw. Datenbahnsteuerstation, autonomer Betrieb
- hardwaregeprüfte Basissteuereinheit.

Arbeitsmittel:
- Pultsteuerrechner mit Datenverarbeitungsperipherie
- Datenbahnsteuerstation gekoppelt mit Pultsteuerrechner und Basiseinheit über Datenboten
- Stationskassetten für Pultsteuerrechner und Basiseinheit
- Simulationseinrichtungen für Prozeßeingabesignale
- Digitalmultimeter.

Arbeitsunterlagen:

- Beschreibung System und Prozeßkommunikation
- Prüftechnologie Firmwaretest
- vollständige Projektunterlagen.

Arbeitsablauf:

- Inbetriebnahme Pultsteuerrechner mit Überprüfung der Anlaufroutine bzw. Auswertung der Statusaussage auf Funktionsfähigkeit der Einrichtung
- Einlesen der Stationskassette Pultsteuerrechner
- Eingabe der Adressen der angeschlossenen Datenbahnsteuerstation/Basissteuereinheit
- Inbetriebnahme Datenbahnsteuerstation bzw. Basissteuereinheit und Überprüfung des Statuszustands
- Test der Anlauf- und Überwachungsfunktionen der Datenbahnsteuerstation bzw. der Basissteuereinheit in analoger Weise des Pultsteuerrechners
- Einlesen der Stationskassette Basissteuereinheit
- Test der Prozeßkommunikation durch Anwählen der möglichen Einzelkommunikationsschritte, wie z. B. Parameteränderung je KOM-Stelle
- Überprüfung aller KOM-Stellen auf ordnungsgemäße Ablage der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Signale im Prozeßabbild durch Simulation und Anzeige der Prozeß-Eingabe/Ausgabe-Signale am Zelleneingang und Vergleich des Rohwerts durch Anwahl des Prozeßabbilds auf dem Farbmonitor.
- Test der strukturellen Verknüpfung der Basismodulketten je KOM-Stelle. d. h. Überprüfung der ordnungsgemäßen adreßbezogenen Zusammenschaltung der Einzelmodule einer Basismodulkette durch Vergleich der vorliegenden Adreßbelegung der Ein- und Ausgänge der Einzelverarbeitungsmodule anhand des Logikplans je KOM-Stelle.
- Überprüfung der Strukturierdaten auf Vollständigkeit
- Test von auftragsspezifischen Sonderfunktionen entsprechend spezieller Prüfforderungen des Projektanten mittels spezieller Prüfprogramme.

Das Ergebnis der Teilanlagenprüfung ist der funktionelle Nachweis des ordnungsgemäßen funktionellen Zusammenwirkens aller Hardware- und Softwarekomponenten unter der Berücksichtigung der auftragsspezifischen Besonderheiten.

5.3.6.5. Anlagentest

Voraussetzung des Anlagentestes ist die Zusammenschaltung aller Funktionseinheiten einer Anlage über die serielle Datenbahn, die ordnungsgemäße Funktion aller Einzelfunktionseinheiten sowie das erfolgte Einlesen der Strukturierdaten je Funktionseinheit.

Wesentliche Zielstellung des Anlagentestes sind

- der Nachweis der ordnungsgemäßen Datenübertragung
- der Nachweis der ordnungsgemäßen Zu- und Abschaltung der Funktionseinheiten sowie des Anlagenausfallverhaltens
- der Nachweis der ordnungsgemäßen Funktion von Koppeleinrichtungen
- Durchführung von definierten Belastungskontrollen der Datenbahn
- Nachweis von anlagenspezifischen Sonderfunktionen, wie spezielle Steuerfunktionen.

Im Ergebnis des Anlagentestes ist das funktionelle Zusammenwirken aller zu einer Anlage gehörenden Hardware- und Softwarefunktionen einschließlich definierter Aussagen zum Frühausfallverhalten nachzuweisen.

5.3.7. Prüfunterlagen

Die grundsätzlichen Arbeitsunterlagen für die Prüfung von Automatisierungsanlagen sind

1. Projektdokumentation
2. Beschreibung der System- und Prozeßkommunikation
3. Katalog Automation Software
4. Beschreibung der Firmware für Sondermodule
5. Prüfvorschriften/Prüftechnologien
6. Betriebsdokumentation K 1520, ursadat 5000.

Innerhalb der Prüfunterlagen besitzen die Projektunterlagen (Tafel 5.2) die dominierende Stellung.

Tafel 5.2. Übersicht Projektunterlagen (Auszug)

Projektdokumentation	
Hardwarebezogene Unterlagen	Softwarebezogene Unterlagen
Projektunterlagen MSR-Stellenliste Ausrüstungsliste technische Beschreibung *Projektzeichnungen* technologisches Schema Stromlaufplan Funktionsschaltplan Übersichtsschaltplan Kartenadressierungsplan einschließlich Übersicht/Zusammenschaltungsplänen Ansichtszeichnungen Bezeichnungs- und Beschriftungstechnik	*Strukturierdokumentation* technische Beschreibung Kommunikationsstellenliste analog/binär Übersichtsdarstellung Wörterbücher Anlagenbild Strukturierblätter je Funktionseinheit Merkerlisten analog/binär Datenträgerübersicht Anlagenbild Strukturplan

Die Erarbeitung der Projektunterlagen erfolgt auf der Basis der geltenden gesetzlichen Bestimmungen und ist durch die Projektierungsvorschriften des Katalogs Automation-Projektierungsvorschriften geregelt.

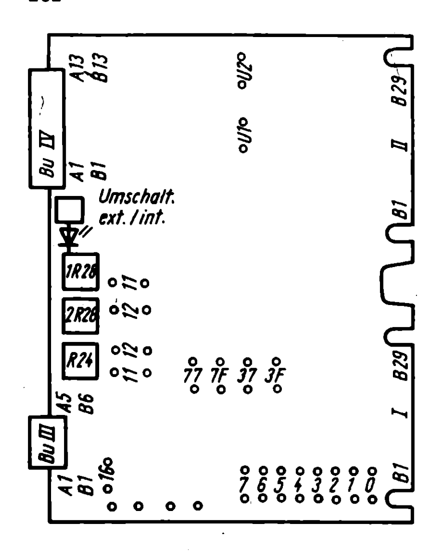
Aus der Vielzahl der Unterlagen soll am Beispiel Kartenadressierungsplan eine Darstellung der umfassenden mikrorechnerspezifischen Projektdokumentation gegeben werden.

Im Kartenadressierungsplan werden funktionsbedingte Einzelheiten der Kartenbaugruppen des Systems K 1520 bzw. ursadat 5000 dargestellt. Im Kartenadressierungsplan sind die notwendigen Informationen für

- das Erstellen der anwendungsspezifischen Wickelbrücken für Adressierung, Betriebsart u. a.
- die Beschriftung und Kennzeichnung der Kartenbaugruppen
- das Zusammenschalten der Analogeingabegrundblocks
- die Funktionsprüfung der Speicherkarten
- die Steckplatzangabe je Ebene

enthalten.

Mit dem Kartenadressierungsplan ist die eindeutige Zuordnung und Identifikation der Kartenbaugruppe je Funktionseinheit festgelegt (Bild 5.8).



Wickelprogrammierung Betriebsart		
Funktion	Wickelbrücke	
Versorgungsspannung −15 V	U1	
Versorgungsspannung +15 V	U2	
unipolar	11	
bipolar	12	
10 V	14, 15, 16	
5 mA, 1 ... 5 mA	15	
20 mA, 4 ... 20 mA		

Kartenaddressierungsplan	Wickelprogrammierung Moduladresse		
für AA – 1k			

	Kanal	Signalausgang Bu IV	KOMS	Bemerkungen
	0	A1 B1		
		A3 B3		ext. Analogsignal
		A6 B6		HND-Umschaltung
		A2, B2, B5		Schirm

(Bild 5.8.)

Belegung Prüfbuchse Bu III			
Lfd. Nr.	Kanal	Stift	Bemerkungen
1	0	A1, A2	Analogsignal
2	/	A4, B5	int. Analogsignal
3		B4	DAU-Ausgang
4		A5	+15 V
5		B3	−15 V
6		B1, B2	Masse

R 24 Einstellung Live-zero-Wert
1R 28 Einstellung Maximalwert
2R 28 Einstellung Nullpunkt

Anschlußebene	Anschlußkabel	Auftrags-Nr.	Pos.	KAP	Stpl		

Bild 5.8. Kartenadressierungsplan

5.4. Montage von Automatisierungsanlagen

Die Montage von Automatisierungsanlagen umfaßt den an die stationäre Fertigung anschließenden Leistungsabschnitt des Produktionsprozesses.

Sie ist eine Außenmontage unter Baustellenbedingungen (Baustellenmontage, Anlagenmontage). Die Anlagenmontage ist ihrem Charakter nach eine (teilmechanisierte) Einzelfertigung. Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnertechnik bieten die Möglichkeit der Schaffung von Wiederhol- und Typenlösungen. Es werden Bauteile und Baugruppen vereinheitlicht, die Informationsübertragung (Verkabelung) reduziert und spezielle Technologien der Inbetriebnahme eingeführt. Damit werden die Montagebedingungen erzeugnisseitig verbessert.

Die Anlagenmontage unterliegt solchen Faktoren wie

Wechsel örtlicher Gegebenheiten
Anpassung an den Baukörper
Arbeiten mehrerer Gewerke zur gleichen Zeit
große Entfernungen zwischen Montagezone, Lager und Unterkunft
Fehlen handelsüblicher Mechanisierungsmittel und spezifischer Transport- und Lagermittel
Witterungseinfluß.

Dieser Leistungsabschnitt enthält die

unmittelbare Montagevorbereitung
objektbezogene technologische Betreuung
Montage von Einrichtungen im oder am technologischen Anlagenteil
Montage im Warten- und Wartennebenraum
Installationsarbeiten
Erprobung, Inbetriebnahme und Einfahren der Automatisierungsanlagen.

Bild 5.9 zeigt den prinzipiellen Ablauf der Montagevorbereitung und -durchführung nach Abschluß der Projektierung.

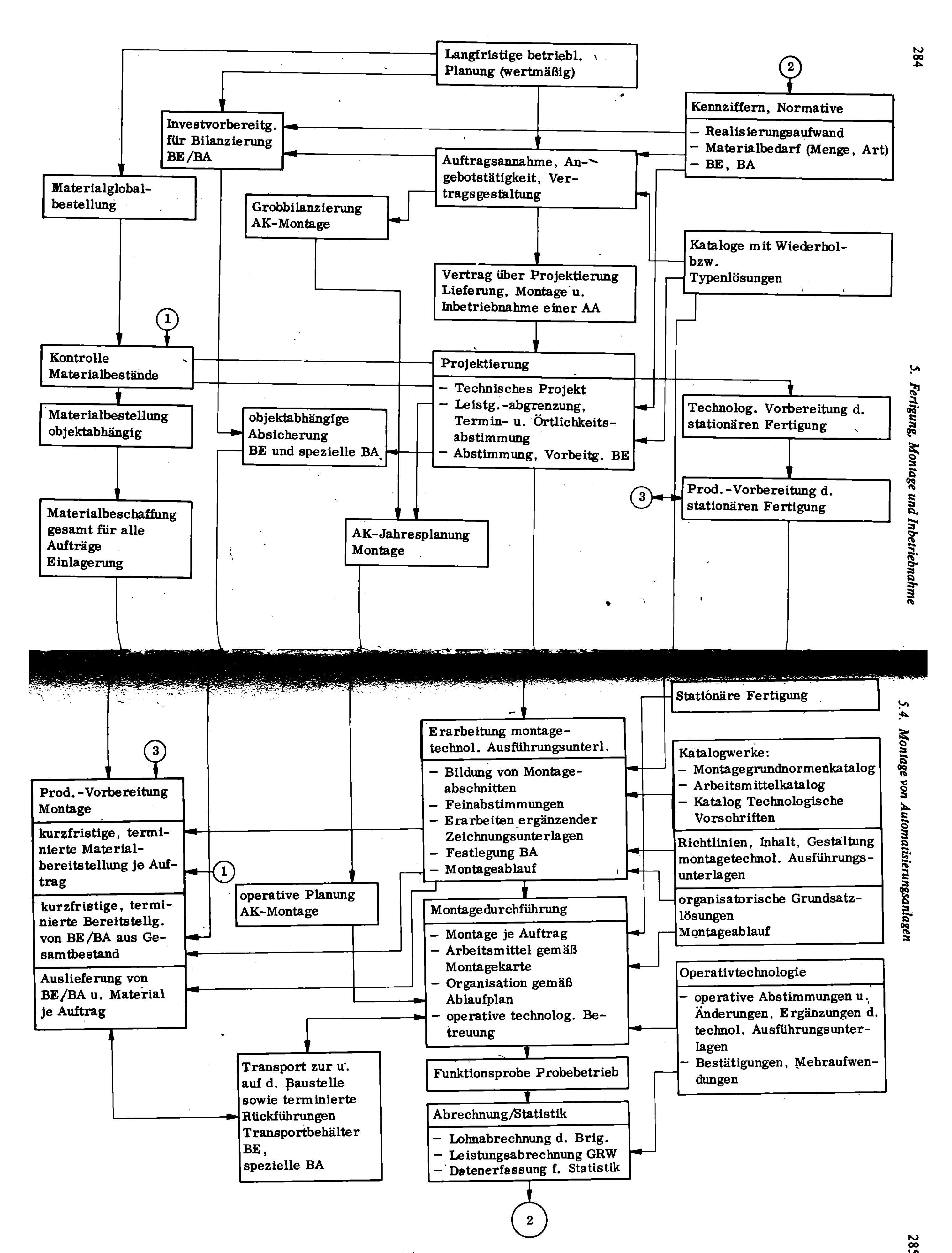


Bild 5.9. Prinzipdarstellung von Montagevorbereitung und -durchführung

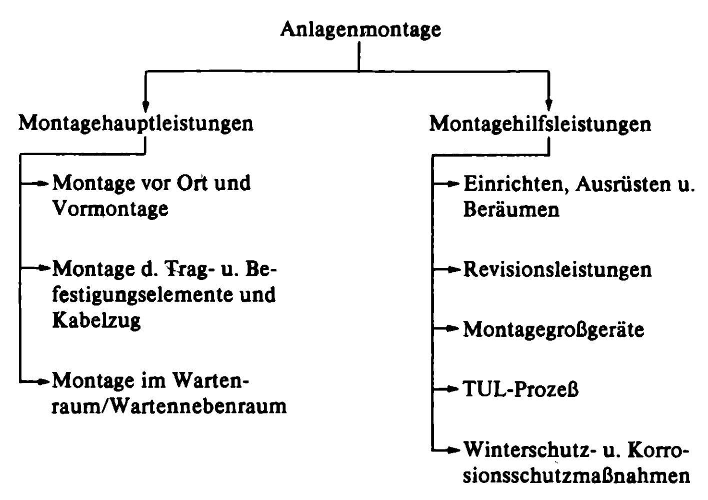


Bild 5.10. Hauptabschnitte der Anlagenmontage

Tafel 5.3. Gestaltung der Automatisierungsanlage

Bereich	Örtliche Abgrenzung	Geräte/Gefäße/Montagematerial
Örtlicher Bereich		
Technologischer Prozeß	in bzw. an technologische Anlage montieren	– Bauteile der Informationsgewinnung – Bauteile der Informationsnutzung
Prozeßnaher Bereich	Anschlußstelle in/an der technologischen Anlage bis – Verteilergestell oder – örtliche Basissteuereinheit oder – Basissteuereinheit im Wartenraum oder Wartennebenraum (Grenze zum Wartenbereich ist je nach Anlagenkonfiguration variabel)	– Bauteile der Informationsgewinnung – Bauteile der Informationsverarbeitung – Montagebauelemente (Gestelle, Halterungen) – Anschlußelemente/Verteilerelemente – Plastkabel, Fernmeldemantelleitung, koaxiales HF-Kabel – Basissteuereinheitgefäße
Wartenbereich	räumlich abgeschlossene Einheit, bauseitig definiert	– Gefäße des Einheitlichen Gefäßsystems (EGS) – Montagebauelemente (Gestelle) – Bauteile der Informationsverarbeitung, -ausgabe, Energieversorgung – Gefäße (Basissteuereinheit, Pult S, Monitor) – Einzeldraht, Plastkabel, Fernmeldemantelleitung, koaxiales HF-Kabel

5.4.1. Hauptabschnitte der Anlagenmontage

Die Hauptabschnitte leiten sich aus der Gestaltung einer Automatisierungsanlage ab. Tafel 5.3 zeigt die strukturelle Gliederung einer Automatisierungsanlage und Bild 5.10 die Hauptabschnitte.

5.4.1.1. Montagehauptleistungen

Montage vor Ort und Vormontage. Dieser Abschnitt umfaßt alle Arbeiten zwischen technologischer Anlage und Hauptverteilergestell (oder zur örtlichen Basissteuereinheit).

Hauptsächlich ist die Basissteuereinheit Bestandteil des Wartenraums oder Wartennebenraums. Folgende Arbeitsgänge sind auszuführen:

- An- und Einbau von Bauteilen der Informationsgewinnung an bzw. in die technologische Anlage
- Anfertigung und Montage von Halterungen für Bauteile der Informationswandlung
- Anfertigung und Montage von Gestellen für Bauteile der Informationswandlung, Informations- und Energieverteilung
- Montage der Bauteile einschließlich Verrohrung
- Montage von Trag- und Befestigungselementen für Einzelkabel und Kleinsttrassen (Stichtrasse)
- Verlegen und Anschluß von Kabel und Leitungen
- Verlegen von Impulsrohren und Pneumatikleitungen.

Montage von Trag- und Befestigungselementen und Kabelzug. Der Abschnitt umfaßt alle Arbeiten zur Installation von Trag- und Befestigungselementen und Kabeltrassen einschließlich Legen und Anschließen von Kabeln und Leitungen:

- Bestimmen und Kennzeichnung des Trassenverlaufs
- Montage von Trag- und Befestigungselementen
- Kabelzug und Leitungslegung, Befestigen und Kennzeichnen der Kabel und Leitungen.

Montage im Warten- und Wartennebenraum. Der Fertigungsabschnitt enthält

- Aufstellen von Gestellen und Gefäßen
- elektrischen Anschluß der Gefäße (Basiseinheit, Pulte)
- Installation der Unterverbindungen.

5.4.1.2. Montagehilfsleistungen

Einrichten, Ausrüsten und Beräumen der Baustelle. Dazu zählen An- und Abtransport der Baustelleneinrichtung und der Auf- und Abbau sowie erforderlichenfalls das Umsetzen der Baustelleneinrichtung. Die Ausrüstung der Baustelle mit Arbeitsmitteln und Prüfmitteln erfolgt auf Grundlage montagetechnologischer Unterlagen.

Revisionsleistungen auf der Baustelle. Enthalten sind zusätzliche und grundsätzliche Korrekturen in technischen Unterlagen durch Bauabweichungen, Materialsubstitutionen u. a.

Bedienen von Montagegroßgeräten. Enthalten sind Transport zum Einsatzort, Auf- und Abbau und Bedienung der Montagegroßgeräte, z. B. Autokrane und Bagger.

Winterbau- und Winterschutzmaßnahmen, Korrosionsschutzmaßnahmen und Baustromversorgung innerhalb der Arbeitszone

TUL-Prozeß auf der Baustelle. Enthalten sind alle Leistungen für Transport und Lagerung außerhalb der Arbeitszone. Der Vorbereitung dieses Prozesses werden Nomenklaturen zugrunde gelegt, die in Abhängigkeit von der eingesetzten Anzahl der Arbeitskräfte Flächenkennziffern und Ausrüstung ausweisen. Für Automatisierungsanlagen werden Versandeinheiten gebildet, die bis zu ihrer Montage erhalten bleiben. Verpackung, Transport und Lagerung sind ein einheitlicher Prozeß, der folgende allgemeine Forderungen nach TGL 32 991/22 erfüllen muß:

Verpackung

- Gewährleistet wird Schutz vor Druck, Schlag, Stoß, Schwingungen, Korrosion, Schimmelbefall, klimatischen Einflüssen (hohe Luftfeuchte, Nässe und Wärme), Staub- und Schmutzeinwirkung.
- Demontiert werden registrierende und anzeigende Geräte, erschütterungsempfindliche Steckbauteile, wattmetrische Systeme, Relais mit Drehspulsystemen oder mit Schaltröhren.

Transport

- Bei Transport mit einem Lastkraftwagen ist die maximale Geschwindigkeit von 70 km/h beim Transport von Zentraleinrichtungen einzuhalten.
- Bei Transport mit der Bahn sind deren Verordnungen einzuhalten.

Lagerung

- Freilager sind eingezäunt und verschließbar. Der Eingang hat eine Mindestdurchfahrtshöhe von 4200 mm und eine Mindestdurchfahrtsbreite von 3000 mm.
- Überdachte Lager sind eingezäunt und verschließbar. Die lichte Höhe beträgt mindestens 3500 mm.
- Geschlossene Lager haben
  eine Heizeinrichtung
  ein Sicherheitsschloß
  eine Tragfähigkeit des Fußbodens von mindestens 500 kg/m^2
  eine standardgerechte Beleuchtungsanlage
  eine lichte Höhe von mindestens 3500 mm
  eine Mindestdurchfahrthöhe von 2500 mm
  eine Mindestdurchfahrtbreite von 2500 mm
  eine Lufttemperatur von 5 bis 35 °C
  eine maximale relative Luftfeuchte von 80%
  eine höchste Temperatur-Feuchte-Kopplung von 25 °C und 80%.

5.4.2. Arbeitsvorschriften

Der Durchführung aller Abschnitte der Anlagenmontage liegen Arbeitsvorschriften zugrunde. Der Inhalt der Arbeitsvorschriften wird gebildet aus den Forderungen

der Vertragsgestaltung
der Konstruktion
des technischen Projekts
der Technologie.

Arbeitsvorschriften der Anlagenmontage sind in zwei Gruppen einzuteilen.

objektunabhängige Arbeitsvorschriften
objektabhängige Arbeitsvorschriften.

Darunter sind Arbeitsvorschriften, die für die stationäre Fertigung gleichermaßen erforderlich sind wie für die Anlagenmontage.

Arbeitsvorschriften der Anlagenmontage regeln notwendigerweise oft fertigungsorganisatorische, mitunter auch betriebsorganisatorische Abläufe. Alle Festlegungen zielen vorrangig auf einen optimalen Montageablauf ab und auf seine möglichst reibungslose Eingliederung in das Gesamtbaugeschehen.

Ausgewählte Arbeitsvorschriften werden im folgenden erläutert.

5.4.2.1. Objektunabhängige Arbeitsvorschriften

Technologische Vorschrift. Die technologische Vorschrift enthält Festlegungen in einheitlicher Form für die Anlagenmontage. Jede Vorschrift enthält folgende Abschnitte

- Begriffe
- Gegenstand
- Arbeitsmittel und Kleinmaterial
  Arbeitsmittel
  Arbeitsschutzmittel
  Kleinmaterial und Hilfsmittel
- Technologischer Ablauf
  Lagerung
  Transport
  Arbeitsablauf
- Qualitätsmerkmale
- Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz
  Arbeitsschutzforderungen
  Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutznachweis
  Verbleibende Gefährdungen.

Betriebsmittelanweisung. Die Betriebsmittelanweisung enthält Festlegungen in einheitlicher Form, die für die Anlagenmontage eindeutig den Gebrauch, die Pflege und Wartung eines Betriebsmittels vorschreiben. Jede Betriebsmittelanweisung enthält folgende Abschnitte:

- Begriffe
- Technische Daten des Betriebsmittels
- Aufbau und Wirkungsweise des Betriebsmittels
- Prüfungen des Betriebsmittels
- Arbeits- und Hilfsmittel
- Arbeitsablauf
- Fehlerquellen und Fehlerbeseitigung
- Reparaturhinweise, Pflege und Wartung
- Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz
  Arbeitsschutzforderungen
  Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutznachweis
  Verbleibende Gefährdungen.

Technologische Vorschriften und Betriebsmittelanweisungen sind Bestandteil des Einheitlichen Vorschriftenwerkes der Anlagenmontage im Bereich Elektrotechnik/Elektronik. Es sind vereinheitlichte Arbeitsvorschriften im Sinne von Besttechnologien.

Arbeitsmittelkatalog. Der Arbeitsmittelkatalog ist Informationsmittel und Bestellgrundlage bei der Montagevorbereitung. Er enthält alle Baustelleneinrichtungen, Baustellenausrüstungen und Baustellenkomplexlösungen, die zur Errichtung von Automatisierungsanlagen benötigt werden. Dabei stellen die Baustellenkomplexlösungen vorformulierte Sortimente von Baustelleneinrichtungen und Baustellenausrüstungen dar, die die notwendige Ausstattung von Baustellen, untergliedert nach Baustellengrößen, festlegen.

Darüber hinaus enthält der Arbeitsmittelkatalog bildliche Darstellungen, Preisangaben und Normative für Baustellenein- und -ausrüstungen.

Montagegrundnormkatalog. Der Montagegrundnormkatalog gilt für technologische Zeitvorgaben und enthält Normen für Montagehauptleistungen und Montagenebenleistungen. Jedes Katalogblatt enthält die Beschreibung eines Arbeitsgangs bzw. Komplexarbeitsgangs einschließlich möglicher Varianten. In jedem Fall werden die technischen, technologischen und organisatorischen Bedingungen ausgewiesen, die für den zugeordneten Zeitwert vorausgesetzt werden. Zeitwerte werden in einer Zeitwerttabelle dargestellt.

Zeitzuschläge und die Entscheidungskriterien für ihre Erteilung werden ausgewiesen.

Für Zeitvorgaben bei Montagen von Geräten liegt ein spezieller Montageleistungsschlüssel vor, der eine rechnergestützte Montagevorbereitung ermöglicht.

5.4.2.2. Objektabhängige Arbeitsvorschriften

Kabel- und Leitungsschema. Das Schema legt die innerhalb einer Automatisierungsanlage verlegten Kabel und Leitungen fest.

Es werden angegeben:

- Kabelnummer
- Typ
- Querschnitt
- Anzahl der Adern
- erforderliche Längen
- Verlegungsart, z. B.
  in Metallschutzschlauch
  in Stahlpanzerrohr
  auf Roste
  in Kabelblechkanal
- Kabel- und Leitungsverlegungsverfahren, z. B.
  von Hand
  teilmechanisiert
  mechanisiert.

Mit dem Kabel- und Leitungsschema wird der Zusammenhang zwischen den Bauteilen des prozeßnahen Bereichs einer Anlage und den Bauteilen des Warten- und Wartennebenraums durch Kabel und Leitungen dargestellt.

Trassen- und Kabelführungsplan. Der Plan enthält den räumlichen Verlauf und die Gestaltung der Trassen. Es werden örtliche Gegebenheiten für Kabel- und Rohrtrassen festgelegt.

Für den prozeßnahen Bereich ist der exakte Verlauf der Trasse durch Vermaßung zu Bezugspunkten der technologischen Anlage festgelegt. Gleichzeitig werden die Aufstellorte für Geräte und Gestelle (ggf. der Basissteuereinheit) ausgewiesen. Bei umfangreichen Trassen erfolgt eine Abschnittsbildung zur besseren Übersicht.

Ausrüstungslisten. Diese Arbeitsunterlage enthält alle für die Montage eines Objekts erforderlichen Einzelteile.

Ausrüstungslisten werden vorgegeben für Bauteile, Montagematerial und Montagebauelemente.

- In der Ausrüstungsliste werden die Bauteile einer Anlage objektspezifisch mit technischen und ökonomischen Daten dargestellt.
  Bauteile sind Geräte, Armaturen, Gefäße, Baugruppen und Teile für Gefäße.
- In der Ausrüstungsliste werden Montagematerial und Montagebauelemente einer Anlage objektspezifisch mit technischen, ökonomischen und technologischen Daten dargestellt.
  Montagematerial sind Profilmaterial, Bleche, Rohre, Kabel, Leitungen, Kabelpritschen, Kabelkanäle, Elektroinstallationsmaterial, Kleinmaterial, Farben.
  Montagebauelemente sind Rohrverbindungselemente, Verteilerkasten, Konsolen u. a.

Montageablaufplan, Arbeitskräfteeinsatzplan und Arbeitsmittelplan. Der Montageablaufplan ist eine grafische und tabellarische Darstellung des Umfangs und der zeitlichen Verflechtung aller Montageabschnitte.

Der Arbeitskräfteeinsatzplan ist eine zahlenmäßige Übersicht über die zeitliche Verteilung der eingesetzten produktiven und nichtproduktiven Arbeitskraft während des gesamten Montagezeitraums.

Der Arbeitsmittelplan ist eine übersichtliche Darstellung des Einsatzes wichtiger Arbeitsmittel.

Die drei Pläne sind eine Arbeitsunterlage für Montageleitpersonal. Sie werden erarbeitet für

1. Baustellen, die einen Arbeitskräfteeinsatz von mehr als 30 produktiven Arbeitskräften erfordern
2. Objekte, die von vornherein überdurchschnittliche Organisationsprobleme erwarten lassen.

5.5. Inbetriebnahme von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern

5.5.1. Grundsätze

Entsprechend ihrer Stellung in der arbeitsteiligen Schrittfolge des Errichtens und Betreibens einer *audatec*-Anlage ist die Inbetriebnahme in die zeitlich aufeinanderfolgenden Arbeitsschritte

- interne Funktionsprobe als Nachweis der Funktionsfähigkeit einer MSR-Stelle ohne Betriebsmedium
- komplexe Funktionsprobe als Nachweis der Funktionsfähigkeit der Gesamtanlage mit Betriebsmedium und unterschiedlichen Belastungsfällen
- Probebetrieb als Nachweis der Funktionsfähigkeit aller beteiligten Gewerke
- Abnahme als Nachweis der durchgeführten Inbetriebnahmeprüfungen,

gegliedert, die in ihren grundsätzlichen Arbeitsinhalten durch TGL 329991/26 bestimmt und gekennzeichnet sind.

Ergänzende Festlegungen zum Arbeitsinhalt, eingrenzende Arbeitsbedingungen, durchzuführende Nachweisfahrten bzw. Zeitabläufe der Inbetriebnahmehandlungen sind vor allem in kombinatsspezifischen *Abnahmeordnungen*, wie Abnahmeordnung für Chemieanlagen, Kernkraftwerksanlagen u. a., dargestellt (s. Abschn. 8.).
Die durchzuführenden Inbetriebnahmehandlungen beinhalten im wesentlichen Prüfarbeiten, die dem Nachweis der in Vorschriften geforderten oder in Vereinbarungen festgelegten Eigenschaften einer erstmalig in Betrieb zu nehmenden elektrotechnischen Anlage dienen.

Dabei sind grundsätzlich die

technischen Kenndaten und Kennwerte
zutreffenden Rechtsvorschriften
dokumentationsgerechte Fertigung und Montage

unter Beachtung vertraglicher Vereinbarungen wie auch spezieller Vorschriften der Hersteller von Betriebsmitteln bzw. fabrikfertiger Baueinheiten nachzuweisen.

Folgende *Mindestnachweise* sind zu führen:

- Vollständigkeit und Richtigkeit der Anlagendokumentation einschließlich revidierter Unterlagen
- Vollständigkeit der Automatisierungsanlage
- Einhaltung der Bau- und Sicherheitsbestimmungen
- Nachweis des Isoliervermögens
- Nachweis des Erreichens des festgelegten Schutzgrads/Eigensicherheit
- Nachweis unzulässiger Störfelder bzw. zulässiger Funktionsstörgrenzwerte
- Nachweis der ordnungsgemäßen Kennzeichnung und Beschriftung
- Nachweis der mechanischen Fertigkeit und Korrosionsbeständigkeit
- Nachweis der Funktionsfähigkeit.

Über das erreichte Ergebnis der durchgeführten Inbetriebnahmeprüfungen sind schriftliche Nachweise zu führen.
Die Freigabe der Automatisierungsanlage bzw. Übergabe an den Auftraggeber erfolgt nach Abschluß der technischen Abnahme. Innerhalb der *technischen Abnahme* ist nachzuweisen, daß

- die errichtete elektrotechnische Anlage den Rechtsvorschriften und den vertraglichen Vereinbarungen entspricht
- die zu übergebende Dokumentation vorliegt
- die Funktionsproben erfolgreich abgeschlossen sind
- die erforderlichen Prüfprotokolle, GAB-Nachweis und Freigabebestätigungen vorliegen.

Die weiteren Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die Aufgaben des Nachweises der Funktionsfähigkeit.

Der *Nachweis der Funktionsfähigkeit* hat während der Funktionsprobe und des Leistungsnachweises je MSR-Stelle zu erfolgen. Dabei ist nachzuweisen, daß

- die in Vorschriften festgelegten und/oder vertraglich vereinbarten Funktionen der elektrotechnischen Anlage in ihrem Zusammenwirken mit der technologischen Anlage und anderen elektrotechnischen Anlagen vorhanden sind
- bei Meß-, Zähl- und Registriereinrichtungen die Richtigkeit mit geeigneten, die erforderliche Genauigkeit gewährleistenden Simulationseinrichtungen und Meßgeräten gegeben ist.

Ein bestimmender Schwerpunkt innerhalb der durchzuführenden Inbetriebnahmearbeiten bei Automatisierungsanlagen ist der Funktionsnachweis von Hardware- und Softwarestrukturen sowohl aus der Sicht der Einzelfunktion von MSR-Stellen als auch aus der Sicht der komplexen anlagenbezogenen Automatisierungsfunktionen, wie Nachweis der sicheren Datenübertragung, Nachweis des Anlaufverhaltens, des Ausfallverhaltens, aber auch der System- und Prozeßkommunikation einschließlich der Back-up-Baugruppen. Dabei sind die bereits getroffenen Aussagen zum Umfang von Zielstellung der Prüf- und Inbetriebnahmearbeiten entsprechend den Abschnitten 5.3.1. und 5.3.2. zu berücksichtigen.

5.5.2. Inbetriebnahmeablauf

Der grundsätzliche Inbetriebnahmeablauf ist im Bild 5.11 dargestellt. Voraussetzung für die Durchführung der Inbetriebnahmearbeiten sind

- komplette hardwarebezogene Montage aller Baugruppen einschließlich Verdrahtung, Kabellegung und erfolgter Vor-Ort-Montage der Meß- und Stelltechnik
- hardwarebezogene handrevidierte Projektunterlagen
- Softwaredokumentation einschließlich Datenträger für Firmware und Struktursoftware
- qualifiziertes Inbetriebnahmepersonal
- hardware- und softwarebezogene Inbetriebnahmetechnik.

Für den Zeitraum der internen Funktionsprobe gelten folgende *Inbetriebnahmegrundsätze*:

1. Die Einrichtungen sind gefäßbezogen auf komplette Hardwarefunktion zu testen.
2. Die Funktion des Pultsteuerrechners ist im autonomen Betrieb mit eingelesener Stationskassette unter Einbeziehung der festgelegten peripheren Geräte, Monitor und Tastatur zu prüfen.
3. Die Datenbahnsteuerstation ist im autonomen Betrieb auf Funktion zu prüfen.
4. Die Zusammenschaltung von Pultsteuerrechner, Datenbahnsteuerstation und Basiseinheit ist vorzunehmen; die Basiseinheitstationskassette ist einzulesen, und der Funktionsnachweis der Teilanlage ist unter Nutzung der Firmware des Systems durchzuführen.
5. Die Aufschaltung weiterer Basiseinheiten an die Datenbahn ist vorzunehmen und der Funktionstest durchzuführen.

Die Arbeitsschritte der Punkte 1 bis 5 entsprechen dem Prüfablauf der im Abschn. 5.3.5. dargestellten Prüfaufgaben.

Nach Abschluß von Punkt 5 sind die Mikrorechnereinrichtungen in einem funktionsfähigen Zustand, so daß mit der Durchführung des Nachweises der Funktion je MSR-Stelle begonnen werden kann. Der Nachweis der MSR-Stellen-bezogenen Funktion gliedert sich in die Teilschritte

- Test der Signalübertragung von der prozeßnahen Ebene bis Zelleneingang
- Kontrolle des Signalwegs Anschlußfeld im Zelleneingang bis Prozeßstecker der Prozeß-Eingangs- und Ausgangskarte
- Anwahl der KOM-Stelle über Tastatur auf Monitor mit erfolgter Simulation der Prozeßsignale

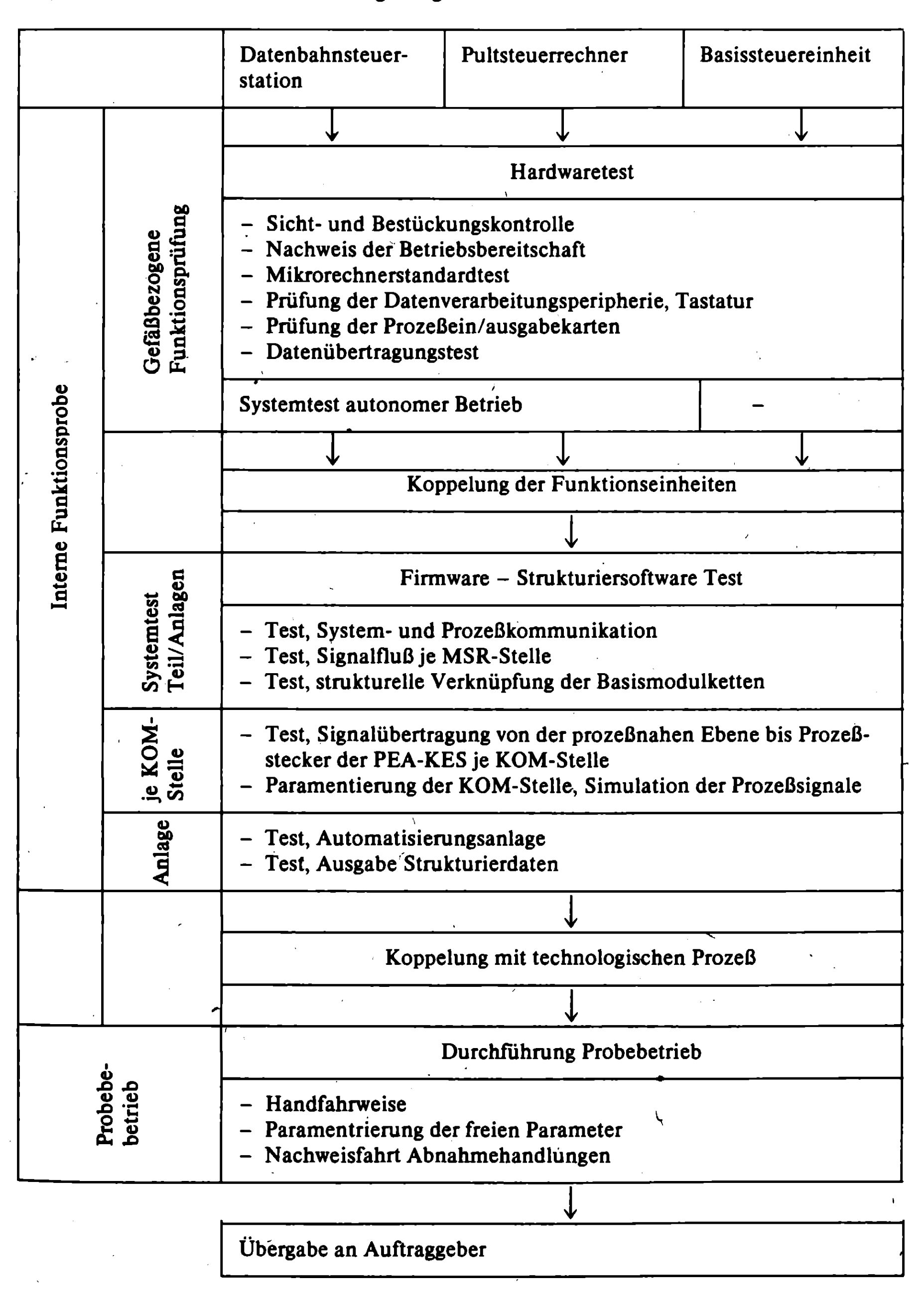


Bild 5.11. Inbetriebsetzungsablauf von audatec-Funktionseinheiten

- Kontrolle der Übertragungsfunktion einschließlich der erforderlichen Parameterveränderungen der Softwareverarbeitungsmodule je Modulkette einer MSR-Stelle
- Kontrolle der projektbezogenen Darstellung der MSR-Stelle auf dem Monitor.

Als zusätzliche Arbeitsmittel zur Durchführung der MSR-Stellen-bezogenen Nachweisfunktion werden Simulationseinrichtungen zur Simulation bzw. Anzeige der Prozeßsignale entsprechend der im System ursadat 5000 festgelegten analogen und binären Signalpegel einschließlich der erforderlichen Meßtechnik mit entsprechender Klassengenauigkeit je nach projektbezogener Anforderung benötigt. Als weiteres Hilfsmittel für die Inbetriebnahmearbeiten steht die Serviceeinheit ursatron 5000 zur Verfügung.

Die Serviceeinheit ist ein tragbares Kompaktgerät mit Tastatur und Kleindisplays und EPROM-Programmier- und Löscheinrichtung. Die Ankopplung an den K 1520-Bus wird über ein Verbindungskabel und die Ansteuerkarte für die Serviceeinheit realisiert. Die Hilfsenergieversorgung erfolgt über 220 V Ws. Die Serviceeinheit umfaßt den Test von Anwendersoftware im laufenden Anwendersystem sowie die Prüfung von im Anwendersystem gesteckten Eingabe/Ausgabe-Modulen sowie die Beobachtung der K 1520-Systembus-Signale.

Mögliche Betriebsarten sind z. B. Speicherlesen und -schreiben, Testpunktsetzen, direkte Eingabe von Daten auf den Bus, Halt, EPROM programmieren und löschen.

Die bei den MSR-Stellen-bezogenen Tests durchzuführenden Bedienfunktionen werden unter Nutzung des Betriebssystems mittels der Tastatur entsprechend den Festlegungen zur Prozeß- und Systemkommunikation realisiert.

Nach Abschluß aller Funktionsnachweise je MSR-Stelle sind weitere anlagenbezogene Prüfungen durchzuführen. Diese beziehen sich im wesentlichen auf

Datenausgabe je MSR-Stelle und Anlage auf Magnetband
Überprüfung des Anlaufverhaltens der Anlage
Überprüfung des Alarmverhaltens der Anlage
Überprüfung der Eigenüberwachung der Anlage
Überprüfung des Störungsverhaltens der Anlage
Überprüfung der Datenübertragung der Anlage
Überprüfung des Ausfallverhaltens der Anlage.

Die Durchführung dieser anlagenspezifischen Tests basiert auf der Simulation definierter Ausgangs- und Eingangszustände bei visueller Kontrolle des erzeugten Funktionssystemzustands der Einrichtung unter der Nutzung des Betriebssystems entsprechend den erzeugnisspezifischen oder vertraglich vereinbarten Funktionsumfängen der Automatisierungsanlage.

Nach der erfolgten Koppelung der Automatisierungsanlage mit dem technologischen Prozeß und der erfolgten Freigabe der Anlage für den Probebetrieb bestehen folgende Arbeitsschritte:

1. Erstinbetriebnahme bzw. Anfahren der Automatisierungsanlage mit der technologischen Anlage entsprechend der Zielstellung des komplexen Inbetriebsetzungsprogramms
2. Durchführung der Handfahrweise der technologischen Anlage
3. schrittweise Inbetriebnahme der MSR-Stellen-bezogenen automatisierten Fahrweise
4. Einfahren bzw. Optimieren der Automatisierungsanlage mit der technologischen Anlage, d. h. Ermittlung der Algorithmen zur Parametrierung der MSR-Stellen
5. Durchführung spezieller Last- und Ausfallzustände
6. Nachweis der vorgesehenen komplexen Automatisierungsfunktionen innerhalb der Nachweis- und Übergabebehandlungen.

Hauptschwerpunkt dieser Aufgabenkomplexe ist neben der gefahrlosen Betreibung der Gesamtanlage die schrittweise Anpassung bzw. Optimierung der Automatisierungsfunktionen an die tatsächlichen prozeßtechnologischen Betriebszustände, was in gleicher Weise für erforderliche Projektanpassungen und Nachträge gilt. Der Abschluß aller Inbetriebnahmebehandlungen wird durch die vereinbarten Nachweis- und Übergabebehandlungen, wie 72-h-Nachweisfahrt u. a., innerhalb der technischen Abnahme gebildet.

Aufgrund der auftragsspezifischen Besonderheiten wurde auf eine nähere Darstellung der Zeitphase „komplexe Funktionsprüfung" verzichtet.

5.6. Transport-, Umschlag- und Lagerprozeß

Die im Abschn. 3. dargestellten Hardwareeinrichtungen bzw. -baugruppen bilden den Gegenstand für den zu beschreibenden Transport-, Umschlag- und Lagerprozeß, der sich auf folgende hauptsächliche Typenvertreter bezieht:

1. Pult- und Beistellgefäß mit Pultsteuerrechner bzw. Datenbahnsteuerstation
2. Basissteuereinheit
3. Funktionsbaugruppen der Eigenfertigung, z. B. Einspeisemodul
4. Funktionsbaugruppen K 1520 bzw. ursadat 5000
5. periphere Geräte für den Wartenbereich.

Grundlage der gewählten Versandlösungen bilden die technischen Anforderungen in der technischen Kennblattbeschreibung des Katalogs Automation/Bauteile wie auch in TGL 329991/22 und TGL 29473.

Die nachfolgend beschriebenen Versandeinheiten entsprechen den Lastkraftwagen- bzw. Eisenbahntransportbedingungen, wobei für Exportverpackung entsprechend Klimabereich, Zielland und gewähltem Transportsystem, wie Eisenbahn, Seeverkehr oder Luftfracht und den daraus sich ableitenden unterschiedlichsten Lager- und Transportbedingungen ergänzende Festlegungen bestehen. Das komplette Spektrum aller Transport- und Umschlagforderungen ist in den betreffenden Anweisungen zum Versand und Lagerung von EGS-Gefäßen und Flachteilen, Fremdbaugruppen sowie Eigenfertigungsbaugruppen festgelegt.

Nachfolgende *Versandeinheiten* wurden festgelegt:

1. Versandeinheit Pult- und Beistellgefäß. Die Versandeinheit Pult- und Beistellgefäß (Leergefäßvariante) besteht aus Gefäß, Holzpalette und Plastfolienumhüllung.

Transportmasse	etwa 80 kg
Transportabmessungen	1200 mm × 800 mm × 800 mm

In der Auslieferung als komplettbestücktes Gefäß (mit Pultsteuerrechner bzw. Datenbahnsteuerstation) wird die Versandeinheit ergänzt um spezielle Transportabstützungen für die Baugruppenaufnahme sowie weitere gefäßinterne Sicherungselemente.

Transportmasse	etwa 120 kg
Transportabmessungen	1200 mm × 800 mm × 800 mm

2. Versandeinheit Basissteuereinheit. Die Versandeinheit Basissteuereinheit besteht aus dem Gefäß Nb 1000, zwei Transportschienen und Plastfolienumhüllung. Der Bestückungsgrad des Gefäßes umfaßt die schrankinterne Verdrahtung, die Lüfter- und Stromversorgungskassetten, die Netzanschlußeinheit sowie die Rechnergrundeinheit.

Der Versand der Funktionsbaugruppen K 1520, DEKK-Module sowie ursadat 5000 wird mittels Transportkiste als Beipack realisiert.

Transportmasse	etwa 200 kg je nach Aufrüstungsvariante
Transportmessungen	1000 mm × 800 mm × 2000 mm

3. Funktionsbaugruppen Eigenfertigung. Je nach Anforderungsspektrum erfolgt die Wahl der Verpackungsmittel, so daß jede Funktionsbaugruppe eine den technischen Anforderungen entsprechende Verpackung besitzt, z. B. die Bedientastatur eine PUR-Schaum-Verpackung, die Ansteuerkarte eine PVC-weich-Plastikhülle.

4. Funktionsbaugruppen K 1520, DEKK-Module bzw. ursadat 5000. Alle Fremdbaugruppen werden, sofern ihre Mitlieferung im Rechnerblock oder als Beipack in einer speziellen Transportkiste nicht erfolgt, in ihrer Originalverpackung zur Baustelle geliefert.

5. Periphere Geräte, Farbmonitor. Alle peripheren Geräte werden in gleicher Originalverpackung versandt.

Als Lagerbedingungen sind nachfolgende durchschnittliche Klimaanforderungen definiert:

Lufttemperatur	−5 bis +35 °C	Höchste Temperatur-	25 °C und
Relative Luftfeuchte maximal	80 %	Feuchte-Koppelung	80 %

Alle genannten Baugruppen und Einrichtungen sind in geschlossenen Lagern unterzubringen, die folgenden Mindestforderungen genügen:

verschließbare, beheizbare und beleuchtete Lagerräume
500 kg/m^2 Fußbodentragfähigkeit
mindestens 3500 mm lichte Höhe.

Entsprechende Schutzmaßnahmen gegen Staub und aggressive Medien sind zu vereinbaren (s. auch Abschn. 8.).

6. Instandhaltung, Kundendienst, Schulung

6.1. Instandhaltung

6.1.1. Ziele und Strategien der Instandhaltung

Die Automatisierungsanlage hat einen bedeutenden Einfluß auf die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Gesamtanlage [6.1 bis 6.19]. Mit zunehmendem MSR-Ausrüstungsbestand in den Anwenderbetrieben wächst trotz Erhöhung der Arbeitsproduktivität in der Instandhaltung der Aufwand für die Instandhaltung der Anlagen (Bild 6.1). Internationale Vergleichswerte weisen aus, daß der Betreiber 5 bis 6 % des Umsatzes für die Instandhaltung ausgibt. Das ist die gleiche Größenordnung an finanziellen Mitteln, die ein Großbetrieb der chemischen Industrie im Durchschnitt für Forschung oder für Investitionen aufwendet. Dieser Umstand und die immer anspruchsvoller werdenden Sicherheitsforderungen in der Industrie haben in den zurückliegenden Jahren zu einem tiefgreifenden Wandel in den Zielen und Strategien der Instandhaltung geführt.

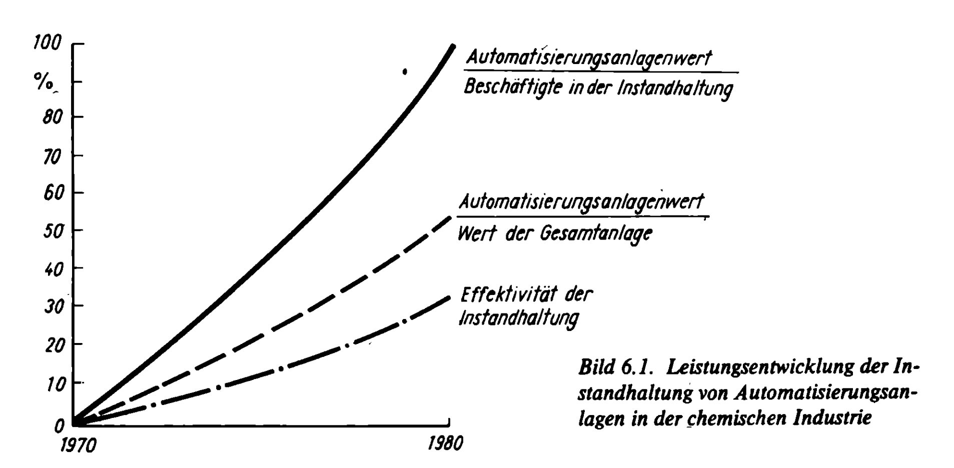


Bild 6.1. Leistungsentwicklung der Instandhaltung von Automatisierungsanlagen in der chemischen Industrie

Zur Verdeutlichung dieser Wandlungsprozesse sollen von den im Bild 6.2 dargestellten Instandhaltungsmaßnahmen ausgehend typische Instandhaltungsstrategien erläutert werden. Da die Begriffe oft mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet werden, sollen im folgenden die wichtigsten Definitionen vorgestellt werden (s. auch TGL 190–916).

Die *Instandhaltung* ist die Gesamtheit der planmäßigen und außerplanmäßigen Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustands. Unter *Inspektion* werden die Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Iststands verstanden.

Unter *planmäßig vorbeugender Instandhaltung* (PVI) werden alle technisch-organisatorischen Maßnahmen verstanden, die aufgrund der Kenntnis des Ausfallverhaltens festgelegt werden, um den Sollzustand durch Abwendung latenter Ausfälle zu bewahren.

Die *Wartung* umfaßt die Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustands, die vorbeugend während des Betriebs der Anlage durchgeführt werden. Wartungsarbeiten sind insbesondere turnusmäßig vor Ort durchzuführende Maßnahmen zur Pflege, Überwachung und Justieren der Automatisierungsgeräte und -anlagen.
Die *planmäßig vorbeugende Überholung* dient der Bewahrung des Sollzustands durch turnusmäßige technische Leistungen, bevor Verschleiß, Ermüdung oder Alterung einen Ausfall herbeiführen, wobei nicht mehr verwendbare Teile sofort ausgewechselt werden.

Die *Instandsetzung* beinhaltet alle Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustands.
Störungsreparaturen werden zur Wiederherstellung des Sollzustands bei Ausfall von Geräten oder Anlagen außerhalb des geplanten Überholungsturnus durchgeführt.
Havariereparaturen dienen der Wiederherstellung des Sollzustands nach einer Havarie.

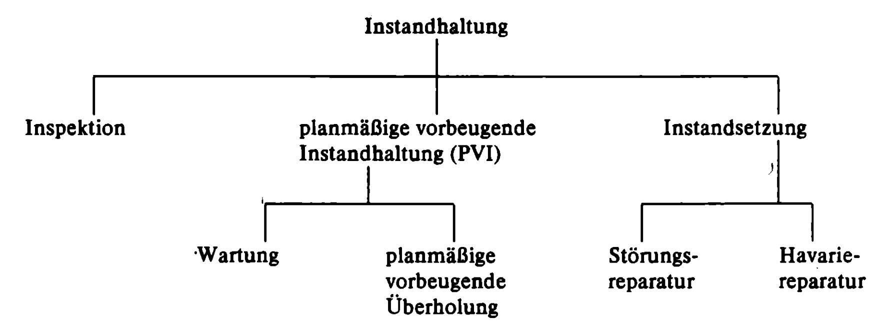


Bild 6.2. Instandhaltungsmaßnahmen

Das Ziel der Instandhaltung besteht im Aufrechterhalten und Wiederherstellen der Funktionsfähigkeit von Betriebsmitteln (Geräten, Anlagen u. a.). Dabei sind als Randbedingungen einzuhalten (Bild 6.3):

die Aufrechterhaltung bzw. Verbesserung der Anlagensicherheit
die Gewährleistung des Arbeits- und Umweltschutzes
die Minimierung der Ausfall- und Instandhaltungskosten
die Beseitigung von Schwachstellen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit.

Von Bild 6.1 läßt sich ableiten, daß aus den genannten Randbedingungen widersprüchliche Zielsetzungen resultieren. Das instand zu haltende Wertvolumen an Automatisierungsanlagen wächst ständig. Gleichzeitig steigt das von einem in der Instandhaltung Beschäftigten zu betreuende Anlagenwertvolumen von Jahr zu Jahr weiter an. Um die Instandhaltungsaufgaben mit den verfügbaren Instandhaltungskapazitäten kostengünstig zu erfüllen, wurden in den letzten Jahren verstärkte Anstrengungen zur Entwicklung geeigneter Instandhaltungsstrategien unternommen. Die typischen Formen der *Instandhaltungsstrategien* sind im Bild 6.4 zusammengefaßt. Auf eine ausführliche Darstellung muß in diesem Rahmen verzichtet werden, da der Umfang der wissenschaftlichen Ergebnisse und Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Instandhaltung in jüngster Zeit eine Größenordnung erreicht hat, die eine Behandlung dieser Thematik als spezielle Fachdisziplin innerhalb der Qualitätssicherung und Zuverlässigkeitsarbeit erfordert. Aus diesem Grund sollen nachfolgend nur stark vereinfacht die charakteristischen Merkmale der Instandhaltungsstrategien aufgezeigt werden. Weiterführende Darstellungen sind in [6.20 bis 6.29] enthalten.
Strategie 1 ist die älteste Form der Instandhaltung. Die Wartung wird nur sporadisch durchgeführt. Die Schäden treten ausnahmslos unerwartet auf. Die ungeplanten Instandsetzungen erfordern einen hohen Aufwand.
Strategie 2 ist gekennzeichnet durch turnusmäßige Wartung und Austausch von Bauteilen in regelmäßigen Abständen vor dem Auftreten von Störungen. Voraussetzung ist ein definiertes

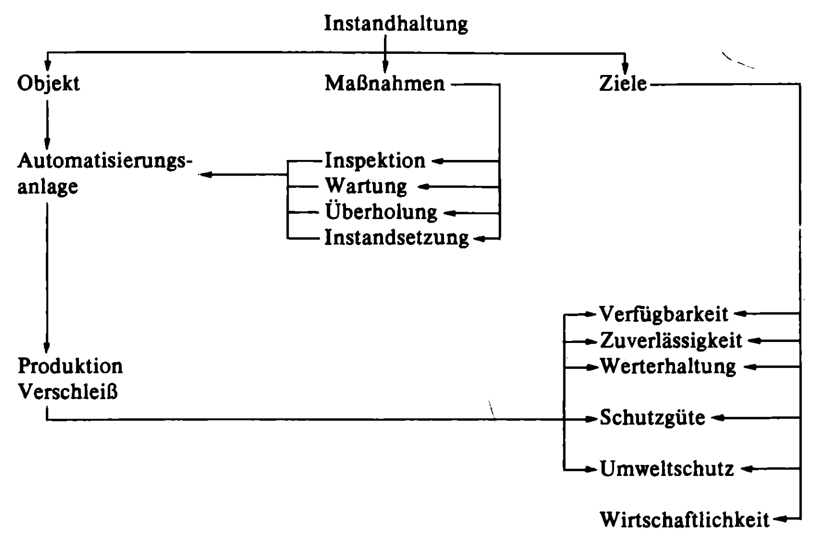


Bild 6.3. Ziele der Instandhaltung

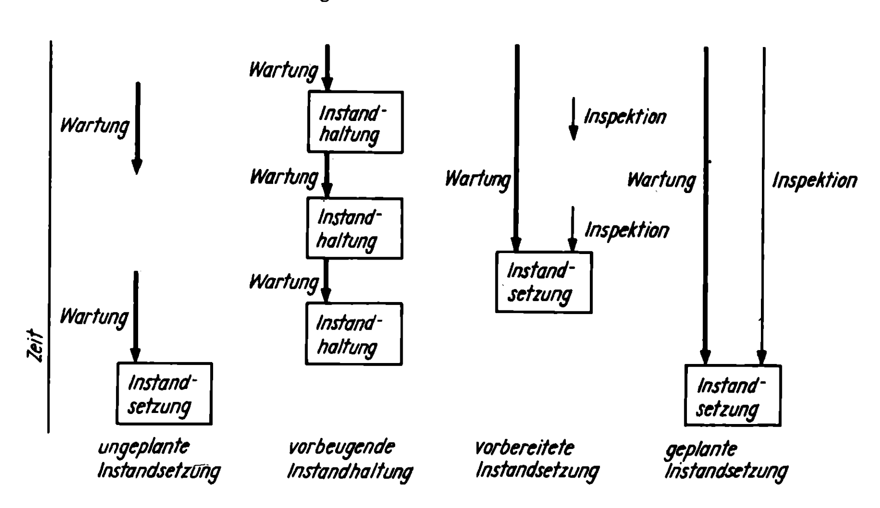


Bild 6.4. Instandhaltungsstrategien

Ausfallverhalten, das jedoch bei Automatisierungsanlagen der Verfahrenstechnik selten vorliegt. Die erreichbaren hohen Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitswerte werden mit einem hohen Instandhaltungsaufwand erkauft.

Strategie 3 berücksichtigt im Gegensatz zur Strategie 2 den Istzustand. Nach durchgeführter Störungsreparatur wird ein neuer Wartungszyklus begonnen. Inspektionen unterstützen die Bestimmung der Zeitintervalle der Wartungszyklen. Instandsetzungen erfolgen aber erst, wenn Schäden eingetreten sind. Durch gute Vorbereitung kann die Instandsetzung kosten- und termingünstig gestaltet werden.

Strategie 4 ist die Inspektion mit anschließender Instandsetzung unter Nutzung technischer Diagnoseverfahren und systematischer Schadensbekämpfungsmethoden [6.30 bis 6.34]. Aus

den Ergebnissen der Inspektion werden die erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen abgeleitet und optimal mit den Zielen der Produktionsdurchführung abgestimmt, geplant und durchgeführt. Wenn auch die Inspektionen in der Praxis noch sehr stark durch subjektive Einschätzungen beeinflußt werden, so gewinnen Zuverlässigkeits- und Instandhaltungsmodelle immer mehr an Bedeutung [6.35 bis 6.42]. Der Anwendung derartiger Methoden in der Automatisierungsanlagentechnik steht gegenwärtig jedoch die Nichtverfügbarkeit der notwendigen statistischen Daten entgegen [6.43 bis 6.45].

Die Weiterentwicklung der Instandhaltungsstrategien wird zu Methoden führen, die Inspektionen anhand der in der Meßwarte vorliegenden Istzustandsdaten ermöglichen und die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen bei laufender Anlage gestatten und damit eine hohe Anlagenverfügbarkeit sichern. Um eine hohe Verfügbarkeit der Automatisierungsanlage zu erreichen, geht es besonders um die automatisierte Wartung und Instandsetzung im Sinne vorbeugender Maßnahmen durch Fehlerfrüherkennung, Diagnose und Fehlerbeseitigung. Diese Seite der Automatisierung ist im internationalen Industrieanlagenbau noch stark unterentwickelt und rückt als erhebliche volkswirtschaftliche Reserve erst durch den wachsenden Zwang zur ökonomischen Effektivität mehr in das Betrachtungsfeld der Automatisierungstechniker.

Grundsätzlich muß in jedem Fall jedoch beachtet werden, daß die Automatisierungsanlage keine selbständige Anlage ist, sondern ein Verbindungsglied in der Kette der Mensch-Maschine-Kommunikation darstellt. Mit Hilfe der Automatisierungsanlage überwacht und steuert der Mensch die technologische Anlage und erhält die dazu erforderliche Prozeßinformation. Funktionsstörungen der Automatisierungsanlage sind daher nur in ihrem Zusammenhang mit ihren Wirkungen in der Gesamtanlage bewertbar [6.46 bis 6.49].

6.1.2. Instandhaltungsregime

Alle Instandhaltungsmaßnahmen unterliegen einem dreifachen Zielkonflikt, der darin besteht, die maximale Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit in kürzester Zeit mit geringsten Kosten zu erreichen (Bild 6.5). Diese Zielsetzung ist in der Praxis der Instandhaltung von Automatisierungsanlagen nur unvollkommen zu verwirklichen. Die im Abschn. 6.1.1. dargestellten Instandhaltungsstrategien bewegen sich zwischen zwei Grenzfällen:

a) Die Automatisierungsanlage wird betrieben bis zum Ausfall. Die Gewinnschmälerung durch Produktionsausfall wird in Kauf genommen.
b) Der Instandhaltungsaufwand wird in einer Höhe betrieben, die jeglichen Ausfall vorbeugend verhindert. Es entstehen erhebliche Kosten für die Instandhaltung.

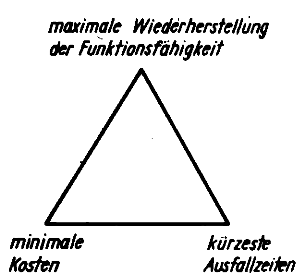


Bild 6.5. Zielkonflikt der Instandhaltung

Die zur Kostenoptimierung entwickelten Instandhaltungsstrategien setzen ein bestimmbares Ausfallverhalten und die Möglichkeit der vorbeugenden Instandhaltung zu einem durch die Instandhaltungsstrategie bestimmten Zeitpunkt voraus. Für Fließprozesse, wie sie für die Chemieindustrie und die Energieerzeugung typisch sind, treffen diese Voraussetzungen aber

kaum zu. Die Vielfalt der Verfahrensbedingungen und der Automatisierungslösungen lassen nur in wenigen Fällen die Bestimmung der Gesetzmäßigkeit des Ausfallverhaltens zu. Hinzu kommt, daß technische Eingriffe in derartige Fließprozesse nicht zu beliebigen Zeitpunkten erfolgen können, sondern nur während des Stillstands der Gesamtanlage, z. B. während Generalreparaturen, möglich sind. Diesem Sachverhalt Rechnung tragend, haben sich verschiedene *Instandhaltungsregime* herausgebildet, die die Bedeutung der Automatisierungsgeräte und -anlagen für die Funktion der Gesamtanlage und der damit verbundenen Produktion berücksichtigen (Tafel 6.1).

Tafel 6.1. Instandhaltungsregime in Abhängigkeit von der Bedeutung für die Produktion [6.20, 6.28]

Regime	1	2	3
Ausfallkonsequenzen für			
a) Produktion	Produktionsstillstand	eingeschränkte Produktionsdurchführung	unveränderte Produktionsdurchführung
b) Anlagensicherheit	nicht gewährleistet	gewährleistet	gewährleistet
Maximale Ausfallzeit	1 h	1 d	unbegrenzt
Inspektion und Wartung	nach Plan, Intervalle aufgrund von Erfahrungen und Analysen des Ausfallverhaltens	nach Bedarf	keine
Auftreten des Schadens	frühzeitig erkannt	erwartet	unerwartet
Durchführung der Instandsetzung	geplant	vorbereitet	ungeplant
Verfügbarkeit	hoch	nicht voll gewährleistet	gering
Instandhaltungskosten	groß	mittel	niedrig

Im *Regime 1* werden alle produktionswichtigen Ausrüstungen zusammengefaßt, deren Ausfall zum Produktionsstillstand oder zur unzulässigen Einschränkung der Anlagensicherheit führt. Als Richtwert für die Reparaturzeit wird 1 h vorgegeben.

Dem *Regime 2* sind alle produktionswichtigen Ausrüstungen zugeordnet, die maximal 24 h außer Betrieb genommen werden dürfen. Ihr Ausfall führt zur Einschränkung der Produktionsdurchführung, aber zu keiner Beeinträchtigung der Anlagensicherheit.

Dem *Regime 3* unterliegen die sonstigen Ausrüstungen, die für die Funktion der Gesamtanlage von geringerer Bedeutung sind. Ihr Ausfall beeinflußt die Produktionsdurchführung und die Anlagensicherheit nicht unzulässig.

Für jedes Regime gibt es ein Kostenminimum für die Summe aus den Instandhaltungskosten und dem entgangenen Gewinn (Produktionsausfall, Qualitätsminderung). Die Einordnung der Ausrüstungen in die einzelnen Instandhaltungsregime erfolgt gegenwärtig vorrangig auf der Grundlage von funktionstechnischen Überlegungen. Für Kostenabschätzungen fehlen meist die Ausgangsdaten und die notwendigen Entscheidungshilfen (Modelle) [6.20, 6.31].

Die auch in Zukunft durch wachsende Komplexität und Anlagengröße immer mehr steigenden Kosten eines Produktionsausfalls erfordern Instandhaltungsregime, die die Einheit von Produktion und Reproduktion der technischen Systeme ökonomisch effektiv verwirklichen. Die jetzige Lösung (Instandhaltung bei Produktionsstillstand) wird dadurch in Frage

gestellt, daß hochproduktive Anlagen und Einrichtungen aus wirtschaftlichen Gründen rund um die Uhr arbeiten sollen. Dezentrale Automatisierungsanlagen mit Mikrorechner können mit einer hohen Flexibilität ausgestattet werden. Die damit verbundenen Systemreserven können außer für Erweiterung und Veränderung der Automatisierungsaufgabe auch für die Störungskompensation genutzt werden. Ein Schritt auf diesem Weg ist die Schaffung fehlertoleranter Systeme, wie sie gegenwärtig bereits für Automatisierungsanlagen mit erhöhten Sicherheitsforderungen Anwendung finden, z. B. für die Signal- und Sicherungstechnik im Verkehrswesen und für Anlagenschutzsysteme in Kraftwerken und in der Chemieindustrie [6.50 bis 6.55). Die vorhandenen Systemreserven bieten die Möglichkeit, daß sich ein Teil der Geräte und Ausrüstungen ständig planmäßig in der Überprüfung, Überholung und Modernisierung befindet. Dadurch kann sich eine planmäßige Kopplung der Instandhaltungsprozesse mit den Prozessen der Erneuerung ergeben, die auch Veränderungen in der Organisation der betrieblichen Instandhaltungs- und Investitionsdurchführungsprozesse nach sich zieht.

6.1.3. Aufgaben zur Senkung des Instandhaltungsaufwands

Die Senkung des Instandhaltungsaufwands ist in jedem Betrieb eine hochrangige Forderung. Im folgenden sollen einige Gesichtspunkte zur Lösung dieser Aufgabe angegeben werden. Detailliertere Angaben sind der umfangreichen Fachliteratur zu diesem Problem zu entnehmen [6.20 bis 6.30].

Die Kosten für die Instandhaltung der Automatisierungsanlage bestehen etwa zu 75 % aus den Kosten für Arbeitskräfte und zu 25 % aus Kosten für Material und Ersatzteile [6.20]. Demzufolge steht die Erhöhung der Produktivität des Instandhaltungspersonals neben den Maßnahmen zur Ausfallverhütung im Mittelpunkt der Bestrebungen zur Senkung des Instandhaltungsaufwands. Die *technische Diagnose* mit den Zielen

Fehlerdiagnostik
Fehlerursachenforschung
Schwachstellenforschung

leistet durch Struktur- und Funktionsdiagnostik einen ansteigenden Beitrag zur Fehlererkennung und -ortung [6.31, 6.56]. An Bedeutung gewinnen dabei Methoden der Erfassung und Anzeige instandhaltungsspezifischer Daten in der zentralen Meßwarte bei laufendem Betrieb der Anlage (z. B. Rauschanalyse, Thermovision) und Methoden der Eigendiagnose der Automatisierungsanlage (s. Abschn. 4.7.).

Eng verbunden mit der technischen Diagnose ist die *Datenrückmeldung und -auswertung.* Eine Vielzahl von Instandhaltungsmaßnahmen setzt eine Behandlung und Bewertung statistischer Primärdaten voraus. Zur Gewinnung und Nutzung dieser Daten ist ein Datenrückmeldesystem vom Anwender zum Hersteller erforderlich, das folgende Angaben liefert [6.57, 6.58]:

Fehlermerkmale
Fehlerart
Fehlerursache
Fehlerauswirkungen
Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung
Betriebsdauer, Ausfalldauer, Stillstandsdauer bis zur Fehlererkennung
Fehlerortungsdauer, Reparaturdauer
Instandhaltungszyklen.

Die Durchführung der Analysen bringt Probleme mit sich durch die Vielfalt der wirkenden Einflußgrößen, durch die Art der gewünschten und der möglichen Informationen. Es ist zu erwarten, daß die begonnene Normung (TGL 33685) auf diesem Gebiet zu weiteren verwertbaren Aussagen für die gezielt *zuverlässigkeitsorientierte Erzeugnisentwicklung* führt [6.30]. Die Beachtung instandhaltungstechnischer Gesichtspunkte bei der Planung, Projektierung, Ferti-

gung und Inbetriebnahme von Automatisierungsanlagen wird oft vernachlässigt. Die Überlegung, daß sich an den Kaufpreis einer Ausrüstung deren zukünftige Instandhaltungskosten anschließen, wird zuwenig quantifiziert und bei der Vorbereitung und Durchführung von Anlageninvestitionen nicht genügend berücksichtigt [6.59 bis 6.63].
Die *Planung, Erfassung und Auswertung der Instandhaltungskosten* ist für eine realistische Durchführung von Variantenvergleichen bei Erneuerungs- und Instandhaltungsprozessen unerläßlich. Hierbei ist der Genauigkeit der analytischen und normativen Werte größte Aufmerksamkeit zu widmen, damit eine exakte Gesamtkostenplanung erreicht wird [6.23, 6.41].
Die *Ersatzteilbevorratung* darf nicht als alleinige Aufgabe der Materialwirtschaft gesehen werden. Die materialwirtschaftlichen Optimierungsgesichtspunkte sind für die Instandhaltung nur teilweise zutreffend. Instandsetzungszeit und Produktionsausfallkosten sind in die Berechnung der Richtsätze für die Lagerhaltung einzubeziehen [6.22].

Vom großen Einfluß auf die Produktivität des Instandhaltungspersonals ist auch das Vorhandensein einer zweckmäßigen *Anlagendokumentation.* Es ist ein beachtlicher Nachholebedarf bei der Gestaltung instandhaltungsgerechter Unterlagen vorhanden. Hierzu gehören

revidiertes MSR-Projekt
Gerätedokumentation
Systemunterlagen der Prozeßrechentechnik
Übersichten über das Ersatzteil- und Reservegeräteangebot
Abnahme- und Inbetriebnahmedokumentationen
Handbuch für Instandhaltung
Standards, Prüftechnologien, Montageanleitungen,
Betriebsmittelanleitungen
Katalog Automation (Herausgeber: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow)
Katalog Bauteile
Katalog Software
Katalog Projektierungsvorschriften
zentraler Artikelkatalog (Herausgeber: Ministerium für Materialwirtschaft).

Die Bedeutung der *Schulung* ist im Abschn. 6.3. dargestellt. Das an dieser Stelle Gesagte gilt in vollem Umfang auch für das Instandhaltungspersonal.

6.2. Kundendienst

6.2.1. Aufgaben und Leistungen

Der ständig wachsende Umfang der für die Automatisierung technologischer Prozesse eingesetzten Grundmittel erfordert nicht zuletzt aus Wirtschaftlichkeitsüberlegungen einen leistungsfähigen Kundendienst zur Sicherung des einwandfreien Betriebs der Anlage [6.64, 6.65]. Aufgaben des Kundendienstes sind

- die Sicherung eines möglichst störungsfreien Betreibens der errichteten Automatisierungsanlage nach Eigentumsübergang an den Anwender
- die Gewährleistung einer kurzfristigen Instandsetzung bei Störungen und Havarien.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben werden in der Regel vom Automatisierungsanlagenhersteller die folgenden Leistungen angeboten [6.66, 6.67]:

Beseitigung von Mängeln im Garantiezeitraum
Instandhaltungsleistungen auf vertraglicher Basis
Bereitstellung von Dokumentationen, Spezialwerkzeugen und Serviceeinrichtungen
Ersatzteilversorgung
Beratung von Anwendern und spezialisierten Instandhaltungsbetrieben
Vermittlung von Schulungen zur Gerätetechnik und Software
technische Auswertung der Reparaturen.

Neben den vertraglich festgelegten Reparatur- und vorbeugenden Instandhaltungsarbeiten gewinnt die Kundenberatung und -schulung ausgehend vom ständig wachsenden Grad der Kompliziertheit und Komplexität der eingesetzten Technik stark an Bedeutung. Auch der steigende Softwareanteil der Automatisierungsanlagen erfordert eine qualifizierte Information und Schulung des Personals der Anwender und der spezialisierten Vertragswerkstätten im In- und Ausland als Voraussetzung für eine effektive Kundendienstarbeit (s. Abschn. 6.3.).

Die Bereitstellung von Spezialwerkzeugen und Serviceeinrichtungen bezieht sich auf solche Arbeitsmittel, die der Hersteller von Automatisierungsanlagen für die Produktion und Instandhaltung seiner Erzeugnisse selbst hergestellt hat. Diese können auf der Grundlage gesonderter Vereinbarungen durch die Anwender, Vertragswerkstätten und Vertreterfirmen erworben werden. Das schließt die Möglichkeit des Erwerbs technischer Dokumentationen für die Herstellung und das Betreiben der Arbeitsmittel ein. *Ersatzteillieferungen* erfolgen

- mit der Lieferung der Automatisierungsanlage entsprechend Vereinbarung
- auf gesonderte Bestellungen und Verträge
- als Sofortlieferung ab Lager bei dringenden Erfordernissen, z. B. Havariereparatur.

Die Ersatzteilversorgung ist durch den Hersteller den Erfordernissen entsprechend zu gewährleisten [6.68].

6.2.2. Anwenderbereiche und organisatorische Grundsätze

Die Organisation des Kundendienstes ist abhängig vom jeweiligen Anwenderbereich. Ein wesentliches Merkmal hierbei ist das Vorhandensein von eigenen Wartungs- und Instandsetzungskräften beim Anwender. Daraus abgeleitet können drei wesentliche Gruppen der Anwenderbereiche bei der Organisation des Kundendienstes unterschieden werden [6.66, 6.67].

1. Industrielle Anwender mit eigenem Wartungs- und Instandsetzungspersonal. Hierzu gehören vor-

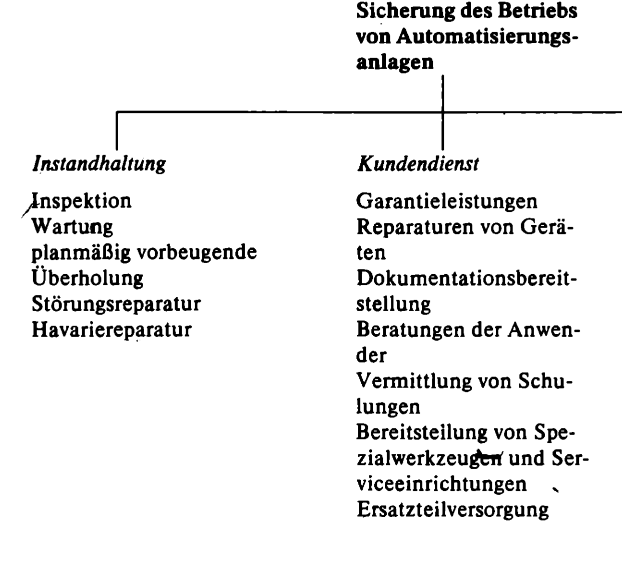


Bild 6.6. Aufgaben zur Sicherung des Betriebs von Automatisierungsanlagen

wiegend Großbetriebe mit einem umfangreichen Bestand an Automatisierungseinrichtungen und hohen Ansprüchen an die Anlagenverfügbarkeit. Sie können die Kundendienstleistungen des Herstellers unmittelbar zur Sicherung des störungsfreien Betreibens und zur Instandsetzung der Automatisierungsanlage in Anspruch nehmen.
2. *Industrielle Anwender ohne eigenes Wartungs- und Instandsetzungspersonal.* Zu dieser Gruppe zählen Anwender in den Bereichen der Lebensmittelindustrie, der Dienstleistungseinrichtungen, der Gebäudewirtschaft, des Straßenverkehrswesens u. a.
Für diese Gruppe sind entsprechend den örtlichen Gegebenheiten spezielle selbständige Servicebetriebe erforderlich, die in Zusammenarbeit mit dem Hersteller der Automatisierungsanlagen die Instandhaltung für mehrere Anwender einheitlich organisieren.
3. *Anwender in der Landwirtschaft.* Dieser Bereich stellt besonders hohe Anforderungen infolge der Komplexität und Kompliziertheit der Wartungs- und Instandsetzungsaufgaben. Sehr hohe Verfügbarkeitsforderungen, extreme Betriebsbedingungen und territoriale Lage sind nur durch eine diesen Bedingungen speziell angepaßte Kundendienstorganisation beherrschbar. Grundlage sind hierfür leistungsfähige Instandhaltungsbetriebe mit territorial verteilten Reparaturstützpunkten.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der Kundendienst als ein Bestandteil der Maßnahmen zur Sicherung des Betriebs stets als eine Einheit mit der Instandhaltung und der Schulung zu betrachten ist. Ihre Maßnahmen bedingen und ergänzen sich wechselseitig. Die Aufgaben zur Sicherung des Betriebs von Automatisierungsanlagen sind im Bild 6.6 dargestellt.

6.3. Schulung

6.3.1. Aufgaben und Ziele

Die gegenwärtige Entwicklung der Automatisierungstechnik ist gekennzeichnet durch sich in ständig kürzeren Abständen vollziehenden Generationswechsel der verfügbaren Gerätetechnik [6.69, 6.70]. Gleichzeitig wachsen in kaum noch überschaubarem Maße die angebotene Sortimentsbreite der Gerätetechnik und die damit verbundenen Möglichkeiten zur Lösung immer anspruchsvollerer und umfangreicherer Automatisierungsaufgaben [6.71 bis 6.77]. Damit wird der Stand der Ausbildung des Personals der Hersteller und Anwender von Automatisierungsanlagen zu einer Schwelle, die den Grad der Nutzung der mit den Erzeugnissen der Mikroelektronik verfügbaren Lösungsmöglichkeiten für Automatisierungsaufgaben zunehmend bestimmt.

Zur erfolgreichen Lösung der Aufgaben des Automatisierungsanlagenbaus und der Betreiber von Automatisierungsanlagen ist die aufgaben- und objektbezogene Aus- und Weiterbildung, d. h. die Schulung der Werktätigen, ständig weiter zu vervollkommnen. Die *Ausbildung* umfaßt die Berufsausbildung sowie das Studium an Fach- und Hochschulen und erfolgt nach einheitlichen Richtlinien auf der Grundlage bestätigter Lehrmaterialien. Auf diesen Bereich der Schulung soll daher hier nicht näher eingegangen werden. Die *Weiterbildung* hat die Aufgabe, spezielles Wissen und Können, neue wissenschaftlich-technische Erkenntnisse und Erfahrungen zu vermitteln und dabei eine enge Verbindung von Bildung und Arbeit zu sichern. Die Werktätigen werden durch gezielte Schulungsmaßnahmen befähigt zur aktiven schöpferischen Teilnahme an der Vorbereitung und Durchführung von Investitions- und Rationalisierungsvorhaben.

Um eine hohe Wirksamkeit der Schulungsmaßnahmen zu gewährleisten, kommt es darauf an, bei der Bestimmung von Inhalt und Ablauf der Qualifizierungsmaßnahmen folgende Ziele durchzusetzen:

1. Aus den gesellschaftlichen Anforderungen und der wissenschaftlich-technischen Entwicklung, besonders bei der Lösung betrieblicher Rationalisierungs- und Investitionsaufgaben, sind möglichst frühzeitig Bildungskonsequenzen abzuleiten.

2. Die Qualifizierungsbereitschaft der Werktätigen und ihre Gewinnung zur aktiven Teilnahme an den Weiterbildungsmaßnahmen sind durch ideelle und materielle Stimulierungsmaßnahmen zu unterstützen.
3. Das vom Werktätigen zur Erfüllung seiner Arbeitsaufgaben zu erwerbende Wissen und Können ist unter Beachtung seiner individuellen Berufs- und Lebenserfahrung zu vermitteln.
4. Die Qualifizierungsmaßnahmen sind sowohl für Einzelpersonen als auch für Arbeitskollektive und Berufsgruppen entsprechend den betrieblichen Erfordernissen durchzuführen.
5. Die Vermittlung der festgelegten Weiterbildung soll qualitativ und quantitativ zum erforderlichen Zeitpunkt abgeschlossen sein. Das erfordert eine exakte Berücksichtigung des zeitlichen Aufwands der Schulungsmaßnahmen.

Die Schulungen auf dem Gebiet des Automatisierungsanlagenbaus erfolgen entsprechend den Erfordernissen der Hersteller und Anwender. Dabei können durch Zusammenarbeit mit anderen Industriebereichen die Schulungskapazitäten für wesentliche Gebiete, wie Automatisierungsgeräte, Projektierung und Instandhaltung, effektiver genutzt werden. Die aufgrund der Erfahrungen sich herausgebildeten typischen Formen der Durchführung von Schulungen können entsprechend der Weiterentwicklung von Automatisierungsanlagen und -geräten inhaltlich variiert und ausgebaut werden.

6.3.2. Formen der aufgaben- und objektbezogenen Weiterbildung

Bei der Vorbereitung und Durchführung der aufgaben- und objektbezogenen Weiterbildung sind aufgrund der inhaltlichen und zeitlichen Unterschiedlichkeit der erforderlichen Bildungsinhalte und der großen Vielfalt der zu berücksichtigenden Automatisierungsvorhaben vielfältige Formen vorzusehen. Es hat sich in der Praxis bewährt, zur optimalen Gestaltung der aufgaben- und objektbezogenen Weiterbildung folgende vier Grundformen und ihre Kombination gezielt anzuwenden:

- Lernen im Prozeß der Arbeit
- gezieltes Selbststudium
- Teilnahme an Lehrgängen und Fachveranstaltungen
- geistig-kulturelles Leben als Lernform.

Für die Schulung der Hersteller und Anwender sind auf der Grundlage der genannten Schulungsformen, der vorhandenen Kenntnisse und der ermittelten Bildungserfordernisse die Schulungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Form, ihres Inhalts und ihrer zeitlichen Folge abzuleiten.

6.3.3. Herstellerbezogene Schulungsmaßnahmen

Die Schulungsmaßnahmen im Rahmen der aufgaben- und objektbezogenen Weiterbildung der Werktätigen des Automatisierungsanlagenbaus sind auf nachstehende Schwerpunkte orientiert:

- rechnergestützte Projektierung (CAD, computer aided design)
- rechnergestützte Organisation und Durchführung der Produktion (CAM, computer aided manufacturing)
- Technologie der Fertigung und Montage von Automatisierungsanlagen
- neue Wirkprinzipien und Technologien, z. B. Mikroelektronik, Sensortechnik, Lichtwellenleittechnik
- Gestaltung des Erzeugnissystems Automatisierungsanlage
- wissenschaftliche Arbeitsorganisation (WAO)
- Gebrauchswert-Kosten-Analyse (GKA).

Als typische Schulungsmaßnahmen werden unter anderem Lehrgänge durchgeführt zu folgenden Themen:

Inbetriebnahme von Automatisierungsanlagen
spezielle Automatisierungsgeräte
Erzeugnissystem Automatisierungsanlage
Berechtigung für elektrische Schaltarbeiten bis 250 V.

6.3.4. Anwenderbezogene Schulungsmaßnahmen

Für die Betreiber von Automatisierungsanlagen werden vom Automatisierungsanlagenbau auf Anforderung Schulungsmaßnahmen durchgeführt. Daneben werden anwenderspezifische Schulungsmaßnahmen von wesentlichen Anwenderbereichen, beispielsweise von der chemischen Industrie, den Kraftwerken und der Metallurgie, selbständig Schulungen organisiert.

Schwerpunkte der anwenderbezogenen Schulungsmaßnahmen sind

Automatisierungsgeräte- und -anlagentechnik
Instandhaltung
spezielle Applikationslösungen
Strukturierung und Generierung von Software.

6.3.5. Organisatorische und technische Bedingungen

Die Schulungsmaßnahmen können nach verschiedenen Prinzipien organisiert werden:

a) Alle Hersteller in der Kooperationskette des Automatisierungsanlagenbaus führen für ihr Erzeugnisprofil die erforderlichen Schulungen ihres eigenen und des Fremdpersonals durch (Herstellerprinzip), z. B.
die Geräteindustrie für die Belange der Baugruppen und Geräte
die Rechnerproduzenten für Hard- und Software der Rechentechnik
der Anlagenhersteller für Errichten, Inbetriebnahme und Betreiben von Automatisierungsanlagen.

b) Jeder Anwender von Baugruppen, Geräten und Anlagen schult sein Personal eigenverantwortlich entsprechend der zum Einsatz gelangenden Technik (Anwenderprinzip). Der Anlagenhersteller führt unter anderem Schulungen durch zu den Themen
- Anwendung mikroelektronischer Bauelemente und Baugruppen
- Rechneraufbau und Programmierung
- rechnergestützte Baugruppenprüfung
- Mensch-Anlage-Kommunikation
- Errichten und Inbetriebnahme von Automatisierungsanlagen.

Der Betreiber von Automatisierungsanlagen führt Schulungen durch zu den Themen
- Automatisierungsanlagen und -gerätetechnik
- Anwendung der Prozeßrechentechnik
- Mensch-Anlage-Kommunikation
- Programmierung, Softwarepflege
- Instandhaltung von Automatisierungsanlagen.

c) Der Finalproduzent bietet ein vollständiges Schulungsprogramm für eigenes und Fremdpersonal zu allen wesentlichen mit dem Finalerzeugnis zusammenhängenden Weiterbildungserfordernissen an (Schulungszentrumprinzip). Der Automatisierungsanlagenbau führt in einem speziellen Schulungszentrum unter anderem Schulungen durch zu den Themen
- Bauelemente und Baugruppen
- Rechentechnik und Programmierung

- Anlagentechnik
- theoretische Grundlagen der Automatisierungstechnik
- Mensch-Anlage-Kommunikation
- Errichten, Inbetriebnahme und Betreiben von Automatisierungsanlagen.

Die Anwendung der verschiedenen Prinzipien ist abhängig von dem angestrebten Schulungsbereich (z. B. betriebsbezogene oder für einen Industriezweig wirksame Schulung), dem verfügbaren Lehrpersonal und den vorhandenen Schulungseinrichtungen und -materialien. Für eine wirksame Durchführung der Schulungen (z. B. in einem Schulungszentrum) ist mindestens folgende gerätetechnische Ausstattung anzustreben:

- typische Meß- und Stellgeräte
- Signalaufbereitungssysteme
- Prozeßeingabe- und -ausgabeeinrichtungen
- dezentrale und zentrale Informationsverarbeitungseinheiten (Mikrorechnerregler, Basissteuereinheiten, Pultsteuerrechner, Wartenrechner u. a.)
- Einrichtungen der Mensch-Anlage-Kommunikation (Farbmonitor, Funktionstastatur, Melde- und Bedienbaugruppen u. a.)
- Rechentechnik (Mikrorechnerentwicklungssystem, Wirtsrechner, Generierarbeitsplatz, Simulationssystem u. a.)
- Bedien- und Serviceeinheiten für spezielle Prozeßrechentechnik (z. B. für Mikrorechnersystem K 1520, Steuerungssystem ursalog 5000)
- Diagnoseeinrichtungen für analoge und digitale Automatisierungstechnik (mobile Mikrorechnereinheiten, rechnergestützte Prüfplätze, Digitalvoltmeter, Isolationsmesser, Schutzleiterprüfgerät u. a.)

Darüber hinaus sollte neben der Verfügbarkeit der Einzelgeräte auch die Demonstration der vollständigen Automatisierungsanlage unter betriebsähnlichen Bedingungen in einem Anlagenlabor möglich sein.

7. Anwendungsbeispiele für den Einsatz von dezentralen Automatisierungsanlagen in technologischen Prozessen

7.1. Applikationszielstellung

Mit der Einführung des Prinzips der digitalen Informationsverarbeitung durch Mikroprozessoren und Mikrorechner in Automatisierungsanlagen besteht die ökonomisch günstige Möglichkeit, die Vorzüge der Prozeßrechentechnik für die Lösung neuer und komplizierterer Automatisierungsaufgaben in breiterem Umfang zu nutzen.

Über die Anwendung der erweiterten Funktionsmöglichkeiten wird bereits weitgehend in der Projektierungsphase entschieden. Der Projektierungsprozeß bei dezentralen Automatisierungsanlagen ist durch folgende Problemstellungen gekennzeichnet:

- Die Lösungsvielfalt ist wesentlich größer als bei Projekten mit Paralleltechnik (konventionelle Technik).
- Es ist eine stärkere Zusammenarbeit mit den Entwicklungsingenieuren erforderlich.
- verstärkte Spezialisierung entsprechend technologischer Linien und genutzter Arbeitshilfsmittel
- Anwendung rechentechnischer Ausrüstungen zur Erarbeitung der Hardware- und Softwarelösungen.

Der Lösungsvorrat des Automatisierungssystems *audatec* gestattet eine zweckentsprechende Projektierung mit Hilfe der vorgestellten Arbeitsmittel und durch den gewählten Systemaufbau. Anhand von Anwendungsbeispielen werden nachfolgend wesentliche Fragen des Mikrorechnereinsatzes erläutert.
Folgende Hauptprobleme werden diskutiert:

Ausnutzung der Eigenschaften von Mikrorechnern für die Automatisierung
Erweiterung der Automatisierungsziele durch den Mikrorechnereinsatz
Back-up und zuverlässigkeitserhöhende Maßnahmen.

Die im folgenden dargestellten Mikrorechneranwendungen sind eine Auswahl aus Einsatzfällen in verschiedenen Industriezweigen. Dabei werden Mikrorechnerstrukturen des Automatisierungsanlagensystems *audatec*/Verfahrenstechnik eingesetzt.

7.2. Einsatz von dezentralen Automatisierungsanlagen in der chemischen Industrie

Die Mikrorechneranwendungen in der chemischen Industrie erstrecken sich über sehr verschiedene Aufgabenbereiche. Es werden daher zahlreiche Einzelanwendungen von Mikrorechnern realisiert sowie komplexe Verbundsysteme eingesetzt. Folgende Hauptzielstellungen werden durch den Einsatz von Mikrorechnern verfolgt:

bessere Mensch-Maschine-Kommunikation durch Farbbildschirmanzeige und -überwachung
Regelung mit Störgrößenaufschaltung
Mehrgrößenregelung
Verbesserung der Regelung von Strecken mit großen Totzeiten

Möglichkeit einer Zusammenfassung von Teilanlagen in einer Zentralwarte
Einführung höherer Regelalgorithmen.

Diese Ziele lassen sich realisieren, da das mikroelektronische Automatisierungssystem nicht nur konventionelle Analogtechnik substituiert, sondern darüber hinaus einen erweiterten Funktionsumfang aufweist.

Der Einsatz von gekoppelten Mikrorechnersystemen wird anhand der Automatisierungsprobleme einer chemischen Anlage zur Erzeugung von *n*-Paraffinen erläutert. Dabei wird auf die Automatisierung von zwei Anlagenkomplexen näher eingegangen [7.1].

7.2.1. Prozeßbeschreibung

Eine Anlage zur *n*-Paraffin-Gewinnung gliedert sich in die Verfahrensstufen

Vordestillation
Raffination
Adsorption
NH_3-Rückgewinnung
Nachdestillation.

Bild 7.1 zeigt informativ das technologische Zusammenwirken der einzelnen Verfahrensstufen. Haupteinsatzstoffe sind Dieselkraftstoff und Petroleum.

Die Vordestillation dient zur Auftrennung des Petroleums, das bei der Rohöldestillation anfällt. Die Teilanlage besteht aus einer Destillationskolonne und stellt keine erhöhten Forderungen an die Automatisierungsanlage.

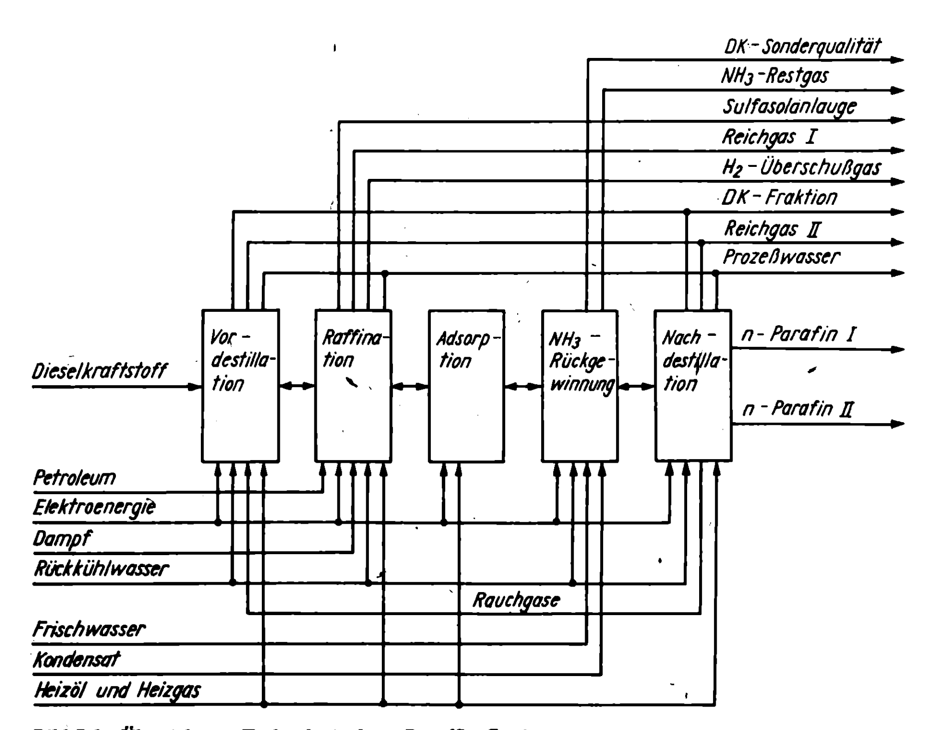


Bild 7.1. Übersicht zur Technologie der n-Paraffin-Gewinnung

Durch die realisierten Regelkreise wird eine stabile Fahrweise garantiert. Die Sumpffraktion und der Dieselkraftstoff werden gemischt und den nachgelagerten Verfahrensstufen zugeführt. Bei der Raffination werden die in den Produkten der Erdöldestillation enthaltenen Schwefel-, Stickstoff- und Sauerstoffverbindungen durch eine Druckwasserstoffhydrierung abgebaut.

Das Molekularsiebtrennverfahren wird bei der Adsorption angewendet. Dieses Verfahren ist ein zyklischer Adsorptions-Desorptions-Prozeß, der die selektive Adsorption der *n*-Paraffine an den Molekularsieben ausnutzt.
In jedem Adsorber laufen folgende Phasen ab:

Adsorptionsphase
Verdrängungsphase Adsorption/Desorption
Spülphase
Desorptionsphase
Verdrängungsphase Desorption/Adsorption.

Neben den normalen Automatisierungsfunktionen hat die Automatisierungsanlage hier die Aufgabe, durch geeignete Verfahren die Effektivität der Adsorption zu steigern.

Die Teilanlage der NH_3-Rückgewinnung ist sehr eng mit der Adsorption verbunden. Es erfolgt neben der NH_3-Auskreisung aus dem Trägergasgemisch eine Produkt-/Kreislaufgas-Trennung. Das Desorbat aus der NH_3-Rückgewinnung wird in der Nachdestillation in zwei *n*-Paraffin-Fraktionen zerlegt.

7.2.2. Aufgaben und Struktur der Automatisierungsanlage

7.2.2.1. Funktionen der Automatisierungsanlage

Das Betreiben der Parexanlage erfolgt durch den Bediener nach seiner technologisch ausgerichteten Aufgabenstellung. Die Automatisierungseinrichtung ist dabei ein Hilfsmittel zum störungsfreien optimalen Betrieb der Anlage. Zur Absicherung dieser Hauptaufgabe werden folgende Aufgaben mit der Mikrorechneranlage realisiert:

Meßwerterfassung von analogen und binären Gebern
Meßwertausgabe von analogen und binären Signalen
Meßwertdarstellung mit Hilfe von Farbsichtgeräten und Bedientastaturen
Realisierung von Festwertregelungen
Realisierung von sollwertgeführten Regelungen
Zeitplansteuerung nach festem Ablauf oder in Abhängigkeit von ausgewählten Prozeßgrößen.

7.2.2.2. Struktur der Automatisierungsanlage

Zum Einsatz kommt die Automatisierungsanlage *audatec* des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow gemäß Anlagenkonfigurator Verfahrenstechnik Chemie.
Für die Realisierung der Gesamtautomatisierung sind insgesamt 14 Basissteuereinheiten, vier Reserve-Basissteuereinheiten, zwei Datenbahnsteuerstationen und neun Pultsteuerrechner erforderlich (Bild 7.2).
Jeweils drei Pultsteuerrechner bilden zusammen mit den drei Farbmonitoren, drei Bedientastaturen und den peripheren Geräten einen Fahrstand. Anhand eines Fahrstands soll die Struktur näher erläutert werden. Mit ihm werden die Automatisierungsaufgaben im Bereich der Vordestillation und die Adsorbersteuerung ausgeführt. Die hier eingesetzte Gerätetechnik von drei Bedienpulten, zwei Datenbahnsteuerstationen und sechs Basissteuereinheiten wurde auch hinsichtlich der Übernahme weiterer Automatisierungsaufgaben zu einer späteren Ausbaustufe gewählt.

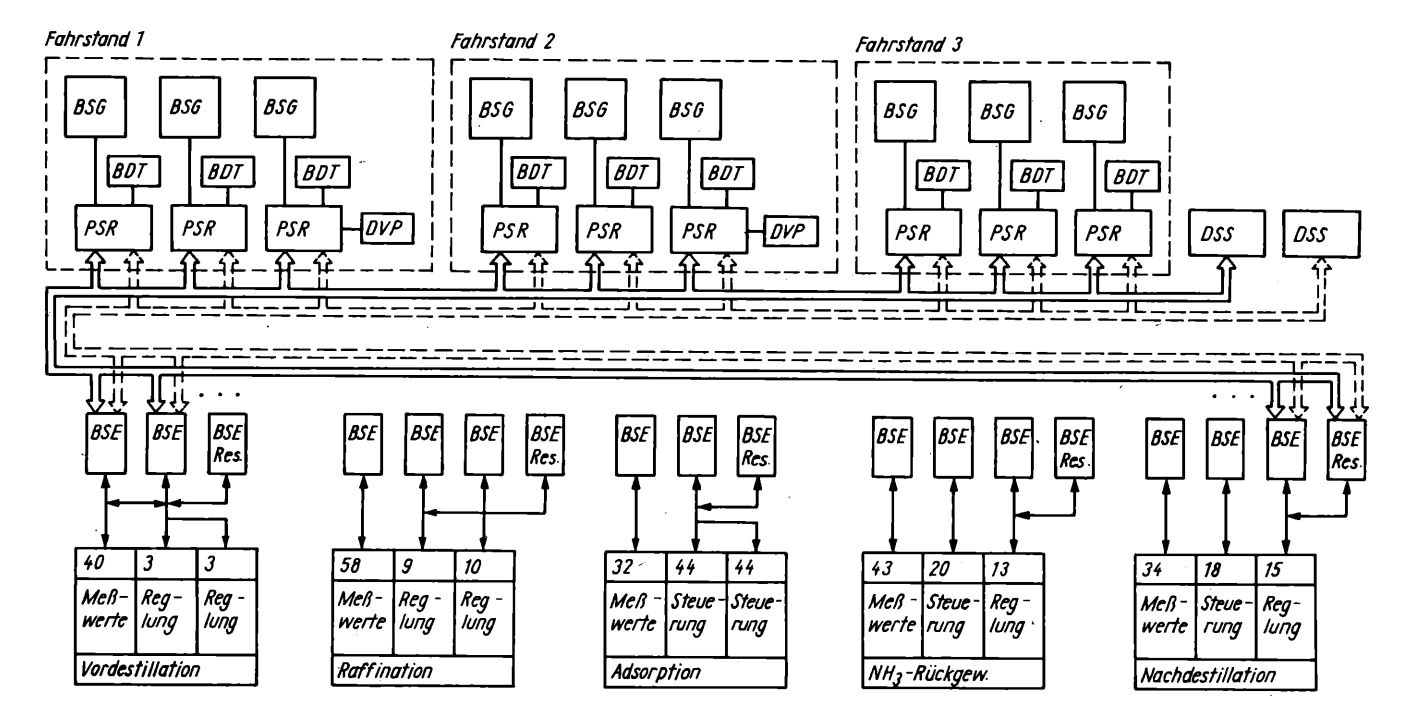


Bild 7.2. Grobstruktur der Automatisierungsanlage für die Paraffingewinnung

BSG Farbmonitor; BDT Bedientastatur; PSR Pultsteuerrechner; BSE Basissteuereinheit; DVP Datenverarbeitungsperipherie; DSS Datenbahnsteuerstation; BSE-Res. Reserve-Basissteuereinheit

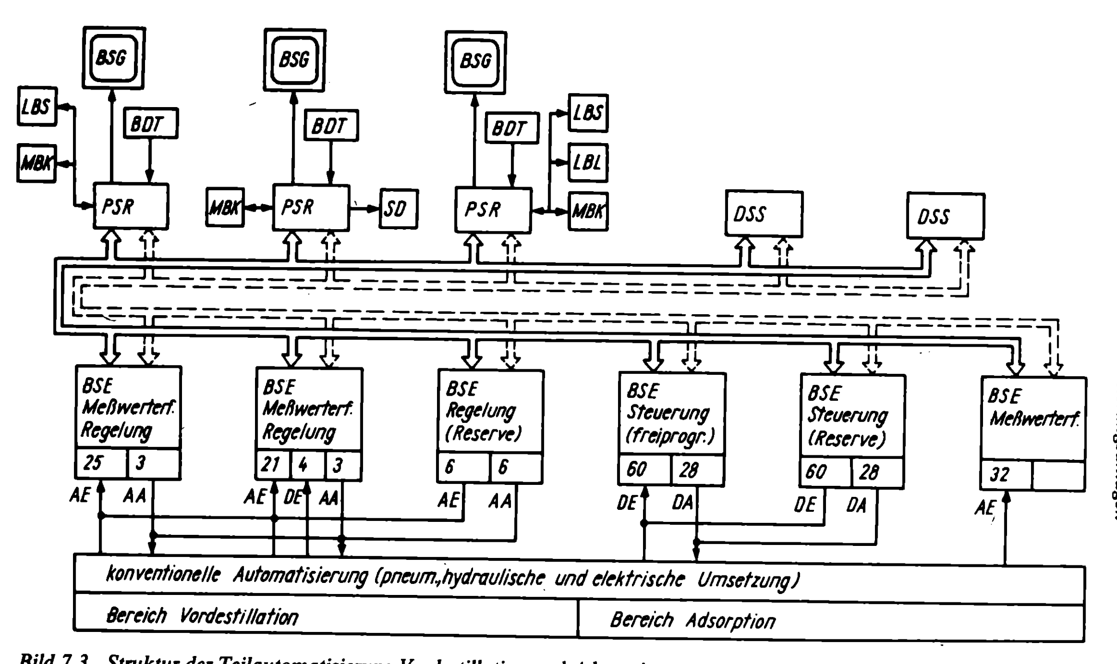


Bild 7.3. Struktur der Teilautomatisierung Vordestillation und Adsorption

BSG Farbmonitor; LBS Lochbandleser; MBK Magnetbandkassette; BDT Bedientastatur; SD Seriendrucker; PSR Pultsteuerrechner; DSS Datenbahnsteuerstation; BSE Basissteuereinheit; AE Analogeingabe; AA Analogausgabe; DE Digitaleingabe; DA Digitalausgabe

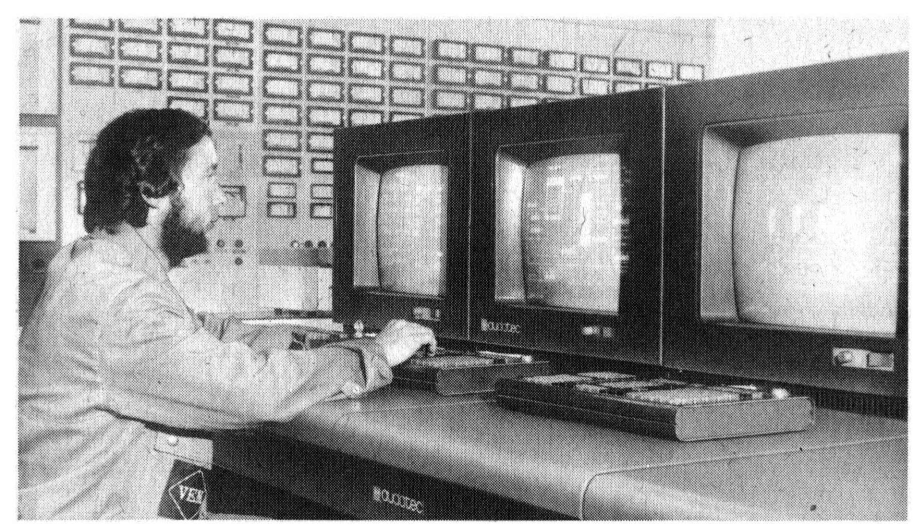


Bild 7.4. Wartenansicht der Teilautomatisierungsanlage Vordestillation und Adsorption
Foto: *Müller/Straube*, Berlin

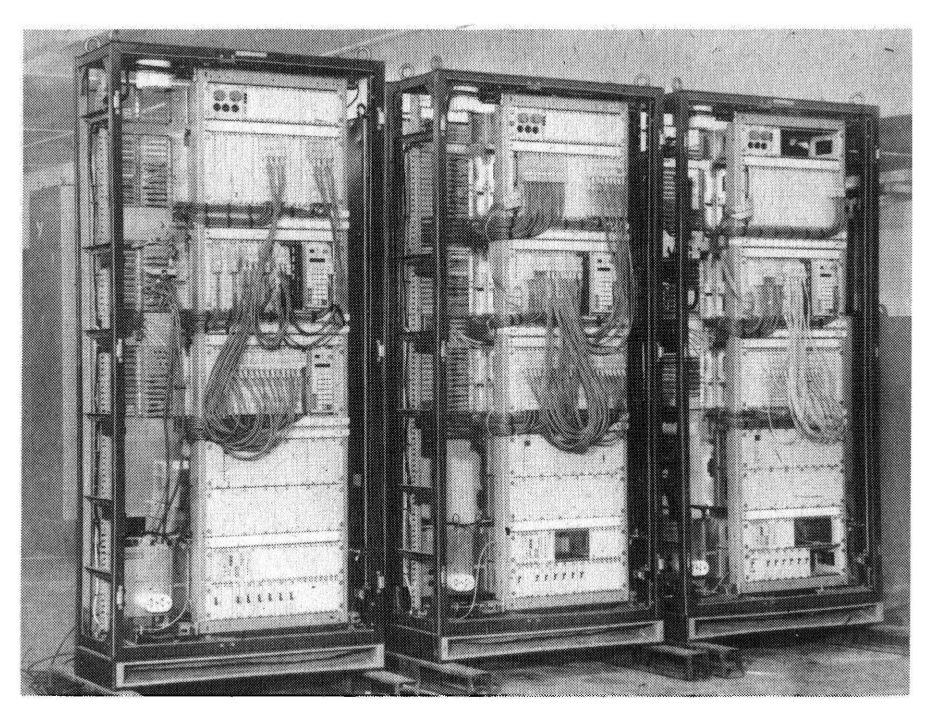


Bild 7.5. Basisstation im Prüffeld mit 24-V⎓Gleichspannungs-Einspeisung
Werkfoto: VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Bild 7.3 zeigt die Struktur der Teilautomatisierungsanlage. Als Bedienpulte werden die Standardausführungen des Automatisierungssystems eingesetzt. Die Datenbahn ist zweifach ausgelegt, so daß der störungsfreie Betrieb bei Ausfall einer Datenbahn gesichert ist. Das Gesamtpult, die beiden Datenbahnsteuerstationen sowie die peripheren Geräte sind in der Warte aufgestellt (Bild 7.4).

Die Basissteuereinheiten sind dezentral am Prozeß angeordnet, wobei jeweils drei Basissteuereinheiten für die Automatisierung des Adsorberblocks bzw. der Vordestillation räumlich zu einer Basisstation zusammengefaßt sind (Bild 7.5).

7.2.3. Projektierungsablauf und Konfigurierung

Zur Realisierung der Hardwarefunktionen ergeben sich keine grundlegenden Veränderungen gegenüber konventionellen Projektierungsverfahren. Entsprechend der Meßstellenliste werden die notwendigen Ein- und Ausgänge realisiert. Dabei werden die rechentechnischen Projektierungsvorschriften eingehalten.

Die Softwareerstellung erfolgte mit Hilfe des Strukturierarbeitsplatzes. Hier wird entsprechend der technologischen Aufgabenstellung die Strukturierung durch die softwaremäßige Verknüpfung der einzelnen Funktionsbausteine, analog der früheren Verdrahtung der Einzelgeräte, wie beispielsweise PID-Regler, Zeit- und Zählerkomponenten, Programmgeber und Rechenbausteine, realisiert. Bild 7.6 zeigt den prinzipiellen Ablauf.

Bei der Parexanlage zur Vordestillation und Adsorption wurden generiert:

3 Übersichtsbilder
53 Gruppenbilder
3 Fließbilder.

Bild 7.7 zeigt das generierte Fließbild Vordestillation 1.

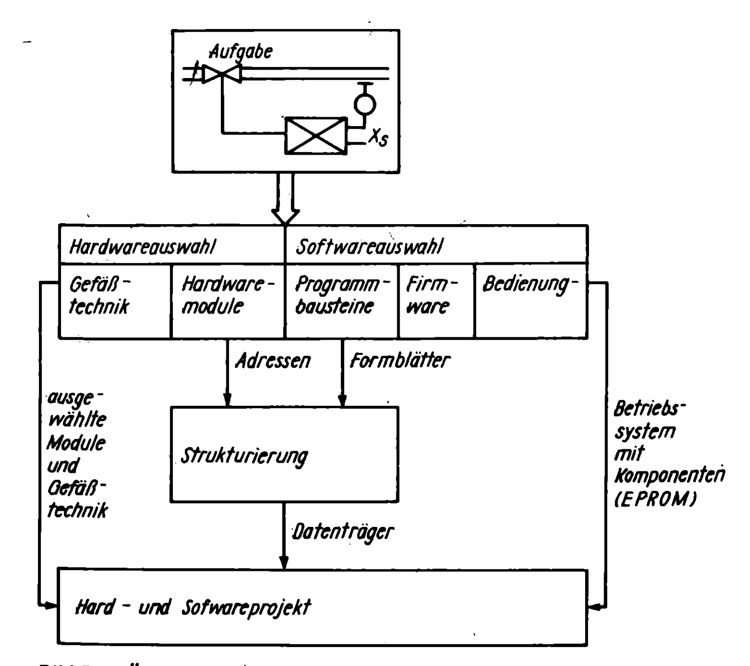


Bild 7.6. Übersicht zum Projektierungsablauf

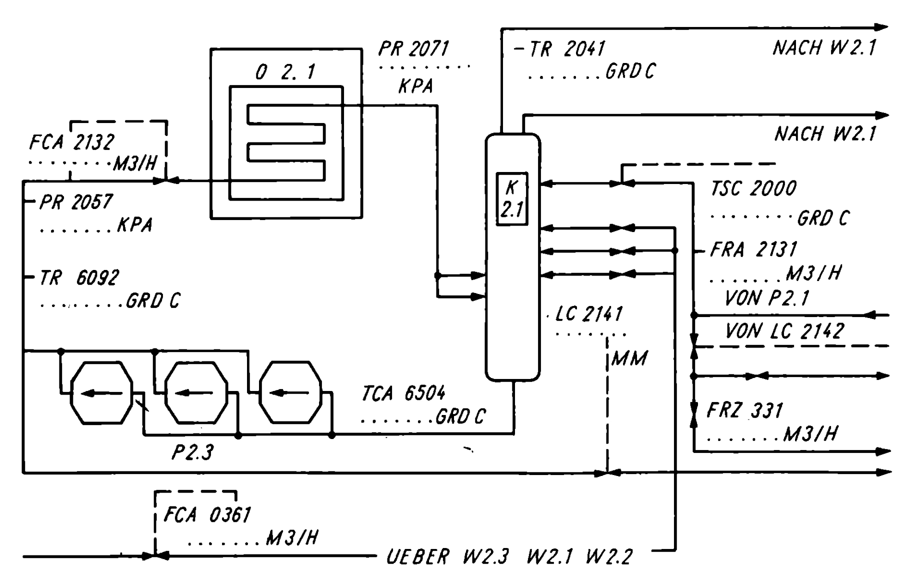


Bild 7.7. ***Fließbild Vordestillation 1 (Darstellung auf Farbmonitor)***
O Vorheizer; K Destillationskolonne; W Wärmeübertrager; P Pumpe

7.2.3.1. Eingesetzte Gerätetechnik

Die Mikrorechnermodule K 1520
 zentrale Recheneinheit
 Operativ- und Festwertspeicher

Anschlußsteuerungen der Datenverarbeitungsperipherie und die Module ursadat 5000 zur Prozeßkopplung und Datenübertragung sind bekanntlich als steckbare Kartenbausteine ausgeführt. Für die Basissteuereinheiten bei dieser Teilautomatisierungsanlage ist der Rechnerkern gleichartig aufgebaut. Neben der zentralen Recheneinheit verfügt jede Basissteuereinheit über 16 KByte EPROM und 16 KByte RAM. Die Kopplung der Basissteuereinheiten mit den zwei Datenbahnen erfolgt jeweils über zwei serielle Zwischenblockinterface. In der Warte kommen für die Automatisierung von Vordestillation und Adsorption drei Pultsteuerrechner mit Bedientastatur und Farbmonitor sowie peripheren Geräten zum Einsatz.

Das Kernstück eines Pultsteuerrechners stellt ein Mikrorechner K 1520 mit 32 KByte EPROM und 32 KByte RAM dar, der durch zwei serielle Zwischenblockinterface und Ansteuerkarten für das Farbsichtgerät und die Tastatur erweitert ist. Bei der Datenbahnsteuerstation wird der Mikrorechner K 1520 nur durch zwei Zwischenblockinterface erweitert. Sowohl die Pultsteuerrechner als auch die Datenbahnsteuerstation werden durch Stromversorgungs- und Überwachungsmodule komplettiert.

7.2.3.2. Eingesetzte Programmtechnik

Das Programmsystem setzt sich aus dem Betriebssystem sowie den Anwenderprogrammen zusammen. Das Betriebssystem besteht aus dem Organisationsprogramm und mehreren problemorientierten Programmbausteinen für den betreffenden Anwendungsbereich. Das Organisationsprogramm steuert und überwacht den Programmablauf. Seine Hauptaufgabe ist es,

die Programmbausteine entsprechend dem Anwenderprogramm arbeiten zu lassen. Zusätzlich enthalten die drei Pultsteuerrechner Standardprogramme zum Aufbau der Bildschirmdarstellungen zur Behandlung der Tastatur, Realisierung der Seriendruckerprotokolle, Datenübertragung und Systemüberwachung.

Zur Realisierung der anwendungsspezifischen Pultfunktionen sind in den Pultsteuerrechnern objektspezifische Listen zu speichern, die Daten zum Aufbau der Monitorbilder entsprechend dem zu automatisierenden Prozeß enthalten. Die drei Pultsteuerrechner sind so konfiguriert, daß sie zueinander voll redundant sein können. Jedes Pult kann somit Informationen über alle Meßstellen, die von den Basiseinheiten erfaßt werden, aufbereiten und mit den allgemein zur Verfügung stehenden Displaybildern auf dem zugehörigen Farbsichtgerät zur Darstellung bringen. Zum Überblick über den Prozeß sind drei Übersichtsdarstellungen vorgesehen. Sie haben folgenden Inhalt:

1. Globalinformationen über den gesamten automatisierten Prozeß
2. Information zum Teilprozeß Vordestillation
3. Information zum Teilprozeß Adsorption.

Die Gruppenbilder werden nach technologischen Gesichtspunkten zusammengestellt. Es werden Meßstellen eines chemischen Apparats (z. B. Kolonne, Ofen, Wärmetauscher) zusammengefaßt.

Die Verarbeitungsketten der Basiseinheiten in der Vordestillation haben folgende Struktur:

- für 38 Meßstellen (31× Temperaturen, 3× Drücke, 3× Durchflüsse, 1× Füllstand) Primärverarbeitung linear
- für fünf Durchflußmeßstellen Flüssigkeitsmengenkorrektur und Primärverarbeitung nichtlinear stetig
- für drei Meßstellen (2× Füllstände, 1× Temperatur) Primärverarbeitung linear, PID-Regler und Stellwertausgabe stetig
- für zwei Durchflußmeßstellen Flüssigkeitsmengenkorrektur, Primärverarbeitung nichtlinear stetig, PID-Regler und Stellwertausgabe stetig
- für eine Durchflußmeßstelle Flüssigkeitsmengenkorrektur, Primärverarbeitung nichtlinear stetig, Sollwertberechnung, PID-Regler und Stellwertausgabe stetig.

Neben den Standardverarbeitungsmodulen und dem zugehörigen Steuerprogramm kommen in jeder Basissteuereinheit die standardmäßigen Programme zur Datenübertragung, zur Ein- und Ausgabe der Signale und zur Eigenüberwachung zur Anwendung. Zur Absorbersteuerung kommen freiprogrammierbare Softwaremodule zum Einsatz. Sie sind so gestaltet, daß sie den Anschlußbedingungen des Standardbetriebssystems genügen. Zusätzlich zur Steuerung der Adsorber werden im Bereich des Adsorberblocks 32 analoge Signale erfaßt, die zur Überwachung dienen.

7.2.4. Ausgewählte Aufgabenstellungen und ihre Lösung

In der chemischen Industrie und in anderen Zweigen der Volkswirtschaft gibt es eine bedeutende Anzahl kleinerer und mittlerer Produktionsanlagen, deren Teil- oder Vollautomatisierung mit den abgerüsteten Varianten des Systems *audatec* des VEB Geräte und Regler-Werke Teltow (Kleinverbund und autonome Automatisierungseinrichtung) vorteilhaft gelöst werden können. Anhand von Beispielen soll der Einsatz dargestellt und damit Anregungen für die Lösung kleinerer Automatisierungsprobleme gegeben werden.

7.2.4.1. Automatisierung einer Rohöldestillationsanlage

Der Einsatz einer *audatec*-Kleinverbundanlage wird am Beispiel der energetischen und verfahrenstechnischen Optimierung einer Ofenanlage der Rohöldestillation demonstriert [7.2]. Es bestehen folgende Automatisierungsziele:

- Stabilisierung der Ofenaustrittstemperatur des Produkts durch sollwertgeführte Regelungen, deren Sollwerte aus der statischen Optimierung der nachgeschalteten Anlagenteile vorgegeben sind
- minimale Strangvarianz, Stabilisierung des Durchsatzes an gefordertem Produkt, Regelung des Produktionsgesamtdurchsatzes durch die einzelnen Öfen auf der Basis der statischen Optimierung der Destillationskolonnen
- Minimierung des O_2-Gehalts im Rauchgas zur Gewährleistung einer optimalen Verbrennung
- Regelung des Ofenraumdrucks.

Als Stellgrößen stehen folgende Eingangsgrößen zur Verfügung:

Produktmengen in den Hauptsträngen
zugeführte Heizmittelmenge
Verbrennungsluftmenge
Stärke des Ofenzugs.

Da sich Änderungen der Eingangsgrößen auf mehrere Regelgrößen auswirken, muß ein Mehrgrößenregler eingesetzt werden. Kernstück des Mehrgrößenreglers ist der dynamische Kompensator zur Optimierung des Regelsystems.

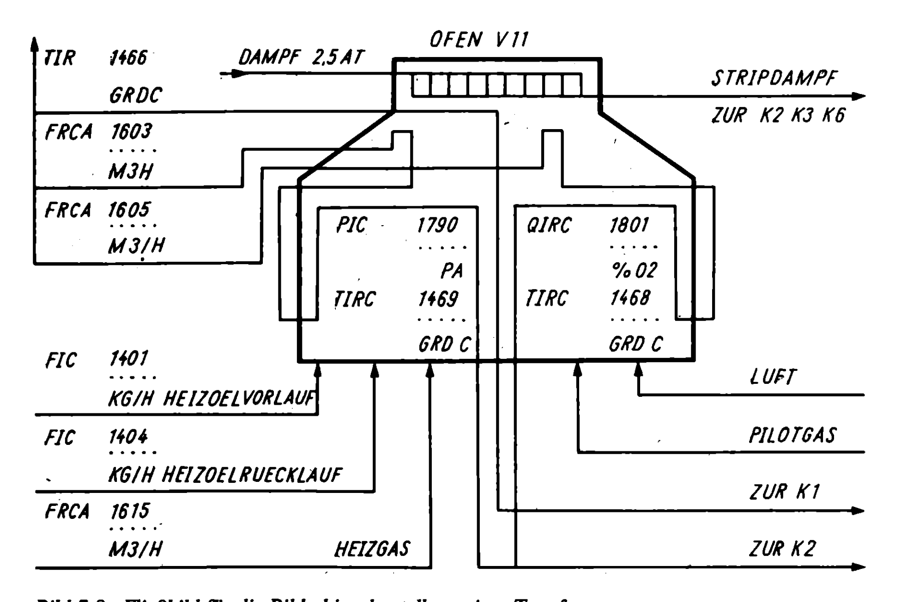


Bild 7.8. Fließbild für die Bildschirmdarstellung eines Topofens

Zur Realisierung wurde eine *audatec*-Kleinverbundanlage mit einer Basissteuereinheit und einem Pult mit Farbmonitoraufsatz sowie Tastatur eingesetzt. Der Fahrstand wird mit zwei Pulten zur Aufnahme der konventionellen Technik, einem Magnetbandkassettengerät im Beistellgefäß und einem Seriendrucker ergänzt.

Bild 7.8 zeigt das auf dem Farbbildschirm realisierte Fließbild der Ofenanlage.

7.2.4.2. Vakuumdestillationsanlage mit Mikrorechner

Wesentlicher Bestandteil einer Vakuumdestillationsanlage ist die Ofen- und Abhitzeanlage. Um den erforderlichen Verdampfungsgrad in der Einlaufzone der Vakuumkolonne zu erreichen, wird dem im Wärmetauscher vorgewärmten Einsatzprodukt im Ofen durch Heizgasverbrennung Wärme zugeführt. Der aufgeheizte Rückstand wird in die Vakuumkolonne entspannt. In der Flashzone der Vakuumkolonne wird der im Gemisch enthaltene Dampfanteil, der durch den im Sumpf eingeblasenen Strippdampf weiter erhöht wurde, getrennt. Der flüssige Anteil läuft über vier einflutige Performkontaktböden zum Sumpf der Kolonne. Die unter den gegebenen Bedingungen in der Einlaufzone dampfförmigen Bestandteile werden in der Obersäule in die erforderlichen Fraktionen getrennt. Am Kopf der Kolonne fallen Wasserdampf, Öldämpfe, Spaltgase und Inertgase an. Dieses Gemisch wird mittels Dampfstrahlluftsaugers abgesaugt und zum größten Teil kondensiert.

Die Vakuumdestillationsanlage ist die Eingangsanlage eines Spaltkomplexes und deshalb ein technologisch wichtiges Objekt. Die Prozeßführung erfolgt von einer mit anderen Objekten gemeinsamen Warte aus. Die Automatisierungsanlage muß hohen Zuverlässigkeitsforderungen genügen und hat zahlreiche Schnittstellen zu anderen Automatisierungskomplexen [7.3].

Bild 7.9 zeigt das Strukturschema der Automatisierungsanlage. In der Vakuumdestillation wurde eine Basissteuereinheit installiert.

Weitere Basissteuereinheiten werden in den Teilobjekten des Spalt- und Aromatenkomplexes benötigt. Die Basissteuereinheiten werden von einem Bedien- und Anzeigepult, das aus drei Pultsteuerrechnern mit entsprechender Bedientechnik besteht, bedient.

Zur Protokollierung, Havariedatenerfassung, Bilanzierungsaufgaben und zur Langzeitdatenspeicherung erfolgt die Kopplung zum Wartenrechner.

Besondere Vorteile ergeben sich bei der Realisierung der Ofentemperaturregelung (Kaskadenregelung) mit der Basissteuereinheit. Es wird eine gute ökonomische Fahrweise des Ofens erreicht und eine hohe Produktqualität gesichert.

7.2.4.3. Mikrorechnerregelung in einer Teerraffinerie

Die primäre Auftrennung von Steinkohlenteer in die einzelnen Fraktionen setzt eine kontinuierliche Destillation voraus. An die dazu notwendige Automatisierungsanlage werden hohe Anforderungen gestellt, da eine sehr gute Produktreinheit unter minimalem Energieeinsatz notwendig ist.

Zur Durchführung der Destillation werden Röhrenöfen und Rektifizierkolonnen eingesetzt. Der Teer wird kontinuierlich, meist in zwei Stufen, unter Druck im Röhrenofen erhitzt und anschließend in ein System von Rektifizierkolonnen hinein entspannt, wo dann die Verdampfung und Fraktionierung der Ölanteile stattfindet.

Technologische Maßnahmen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führten dazu, daß ein Kolonnenzug aus mehr als fünf hintereinander geschalteten Hauptkolonnen mit fast ebenso vielen Seitenkolonnen besteht.

Damit ein solches Kolonnensystem automatisch gefahren werden kann, müssen mehrere Größen durch entsprechende Regeleinrichtungen gleichzeitig konstant gehalten oder geführt werden. Es handelt sich hier um ein Mehrgrößenregelungssystem.

Hardwareaufbau. Auf die Mikrorechneranlage sind etwa 100 Meßwerte aufgeschaltet. Es werden 48 Regelkreise realisiert. Die prozeßnahe Instrumentierung ist pneumatisch ausgeführt. Zur Ankopplung der Mikrorechneranlage werden daher elektro-pneumatische Wandler eingesetzt. Die Aufstellung der Kleinverbundanlage erfolgt in der Meßwarte, da sie sich im Destillationsgebäude befindet und damit kurze Kabelwege gewährleistet sind. Bild 7.10 zeigt den strukturellen Aufbau der Anlage.

Beim Ausfall der Mikrorechneranlage ist stets die Handfahrweise mit pneumatischen Leitgeräten gewährleistet.

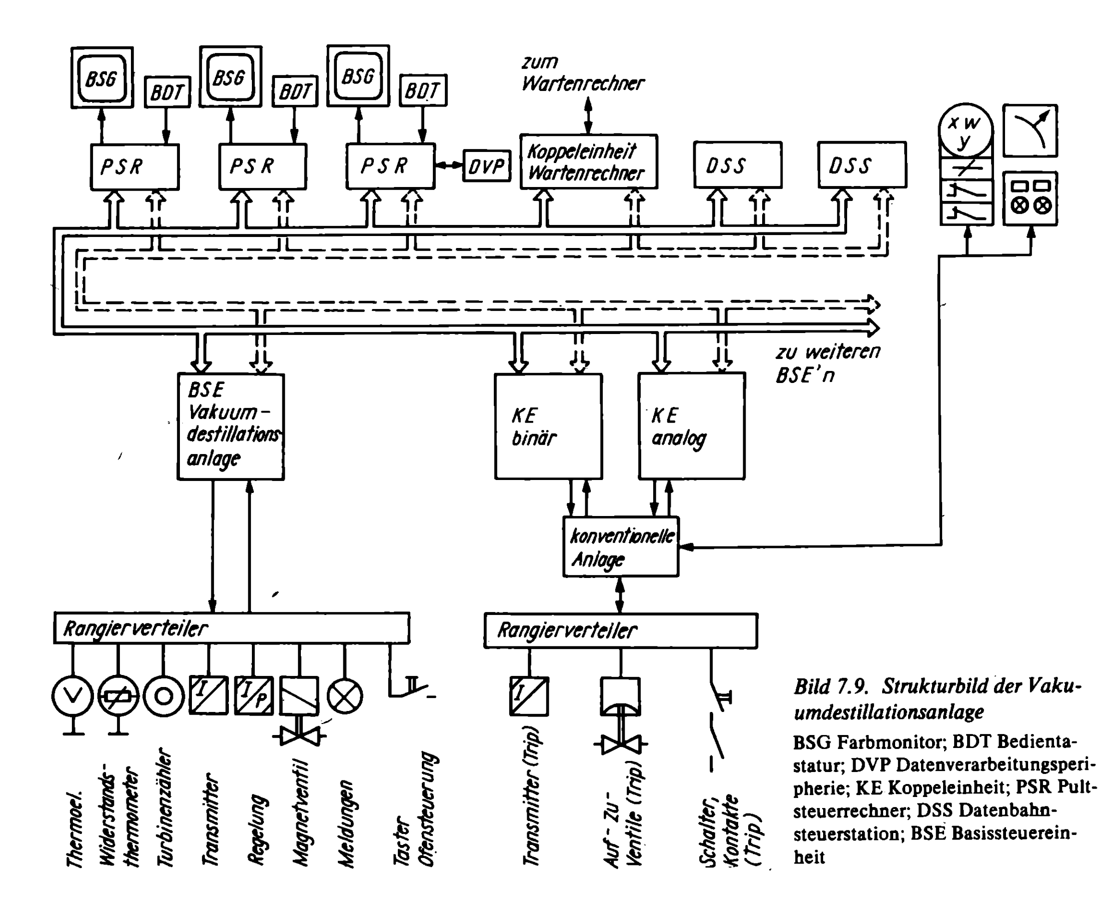


Bild 7.9. Strukturbild der Vakuumdestillationsanlage

BSG Farbmonitor; BDT Bedientastatur; DVP Datenverarbeitungsperipherie; KE Koppeleinheit; PSR Pultsteuerrechner; DSS Datenbahnsteuerstation; BSE Basissteuereinheit

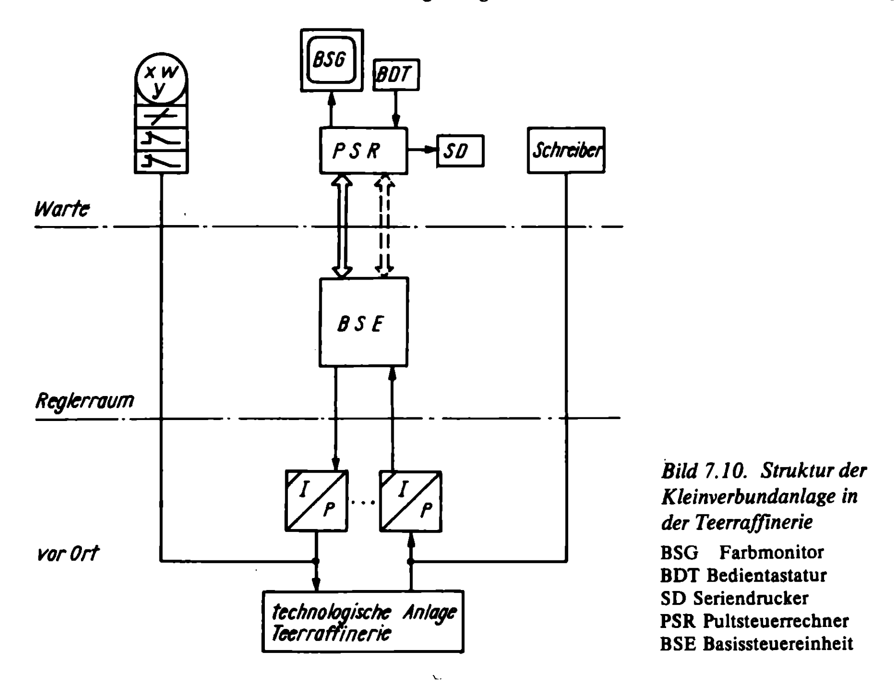


Bild 7.10. Struktur der Kleinverbundanlage in der Teerraffinerie

BSG Farbmonitor
BDT Bedientastatur
SD Seriendrucker
PSR Pultsteuerrechner
BSE Basissteuereinheit

Regelaufgaben. Früher war die Verwendung anspruchsvoller Regelstrategien an den Einsatz von Prozeßrechnern gebunden. Durch die Automatisierungssysteme mit Mikrorechner erzielte man auf diesem Gebiet sehr gute Fortschritte. Generierfähige Software und Reduzierung des Ausfallrisikos waren hierbei wesentliche Faktoren.

Bei diesem Mikrorechnereinsatz wurden gegenüber den konventionellen Festwertregelungen folgende Regelungsmethoden untersucht:

Regelung der direkten Massenbilanz
Konstanthalten der Energiebilanz
Regelung mit Störgrößenaufschaltung
Mehrgrößenregelung
Mehrfachregelung der Produktqualität durch On-line-Analysengeräte
Regelung und Überwachung an Begrenzungen.

Die Entkopplung eines Zweigrößenregelsystems soll hier am Beispiel der ersten Rektifikationsstufe näher erläutert werden. Bild 7.11 zeigt die Zweigrößenregelung an der Destillationskolonne. Als Regelgröße wird die Sumpftemperatur benutzt. Ein weiterer Temperaturregler regelt die Temperatur am Kopf der Kolonne. Aus verfahrenstechnischen Gründen wird jedoch nicht das Destillat, sondern der Rücklauf als Stellgröße verwendet. Der Sumpfregler und der Kopfregler sind damit über die Wärmebilanz der Kolonne miteinander gekoppelt.

Bei einer Regelabweichung durch einen höheren Anteil von Leichtersiedenden im Sumpf (mehr Wasser oder Leichtöl im Einsatz) erhöht der Sumpfregler die Wärmezufuhr, um die Trennung zwischen Leichtsiedendem und Schwerersiedendem wiederherzustellen. Der Kopfregler wird jetzt eine Regelabweichung feststellen und mit einer Zunahme an Rückfluß statt mit mehr Abnahme an Destillat aufwarten. Der Sumpfregler stellt dadurch nach einiger Zeit wieder ein Fallen der Sumpftemperatur fest und heizt weiter auf.

Zur stabilen Lösung dieses Problems wird die Rückflußmenge um einen Betrag verringert. Das entspricht einer erhöhten Wärmezufuhr. Außerdem wird mehr Destillat abgezogen, so daß die Regelabweichung am Kopf der Kolonne vermieden wird.

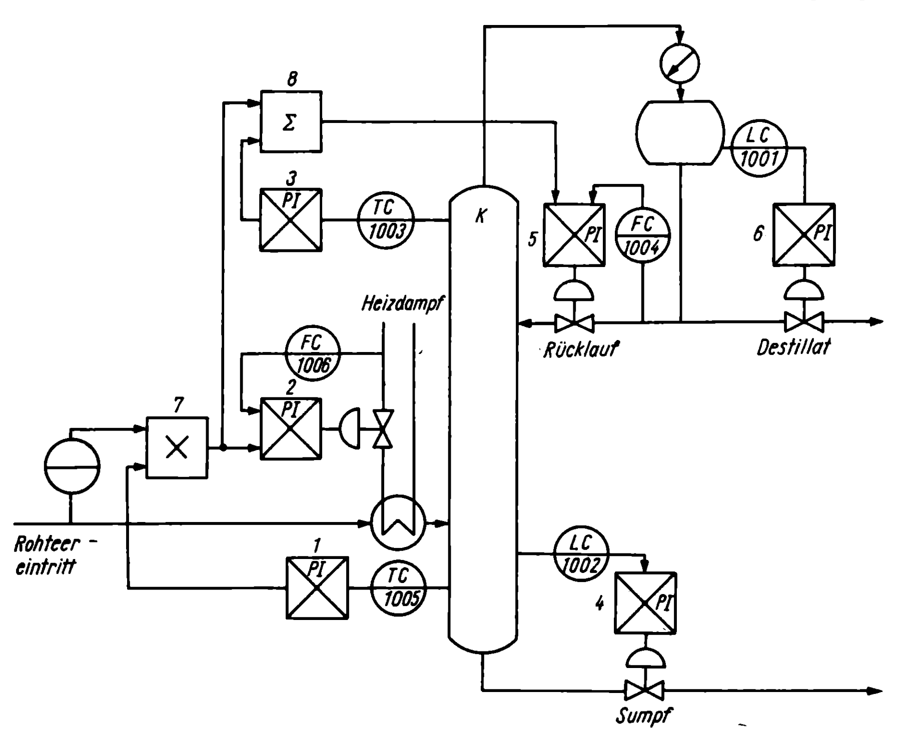


Bild 7.11. ***Regelschema an einer Destillationskolonne***

1 Sumpftemperaturregler; *2* Heizdampfmengenregler; *3* Kopftemperaturregler; *4* Sumpfniveauregler; *5* Rücklaufmengenregler; *6* Destillationssammlerniveauregler; *7* Multiplizierer; *8* Summierer
K Destillationskolonne

Im Bild 7.12 wird die zugehörige Softwarestruktur dargestellt. Aufgrund der eingesetzten Basismodule ist die Lösung generierfähig.

Dieses Regelungssystem und die Standardbildschirmdarstellungen haben sich bewährt. Besondere Vorteile ergeben sich auch beim An- und Abfahren der Anlage.

Durch die digitale Darstellung der Meßgrößen wurde außerdem die Qualität der Fahrweise wesentlich verbessert. Die Regelgüte der mit Mikrorechnern geregelten Anlage ist wesentlich besser als bei vergleichbaren konventionellen Anlagen.

7.3. Einsatz von Mikrorechnersystemen in der Kraftwerksautomatisierung

Wärmekraftwerke haben einen großen Anlagenwert und unterliegen hohen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen. Folgende Hauptaufgaben sind in einem Kraftwerk zu lösen:

1. maximale Ausnutzung und sparsamste Verwendung der eingesetzten Energieträger
2. hohe Verfügbarkeit
3. Senkung des Bedien- und Instandhaltungsaufwands
4. Erhöhung der Lebensdauer
5. Gewährleistung einer ausreichenden Manövrierfähigkeit der Anlagen.

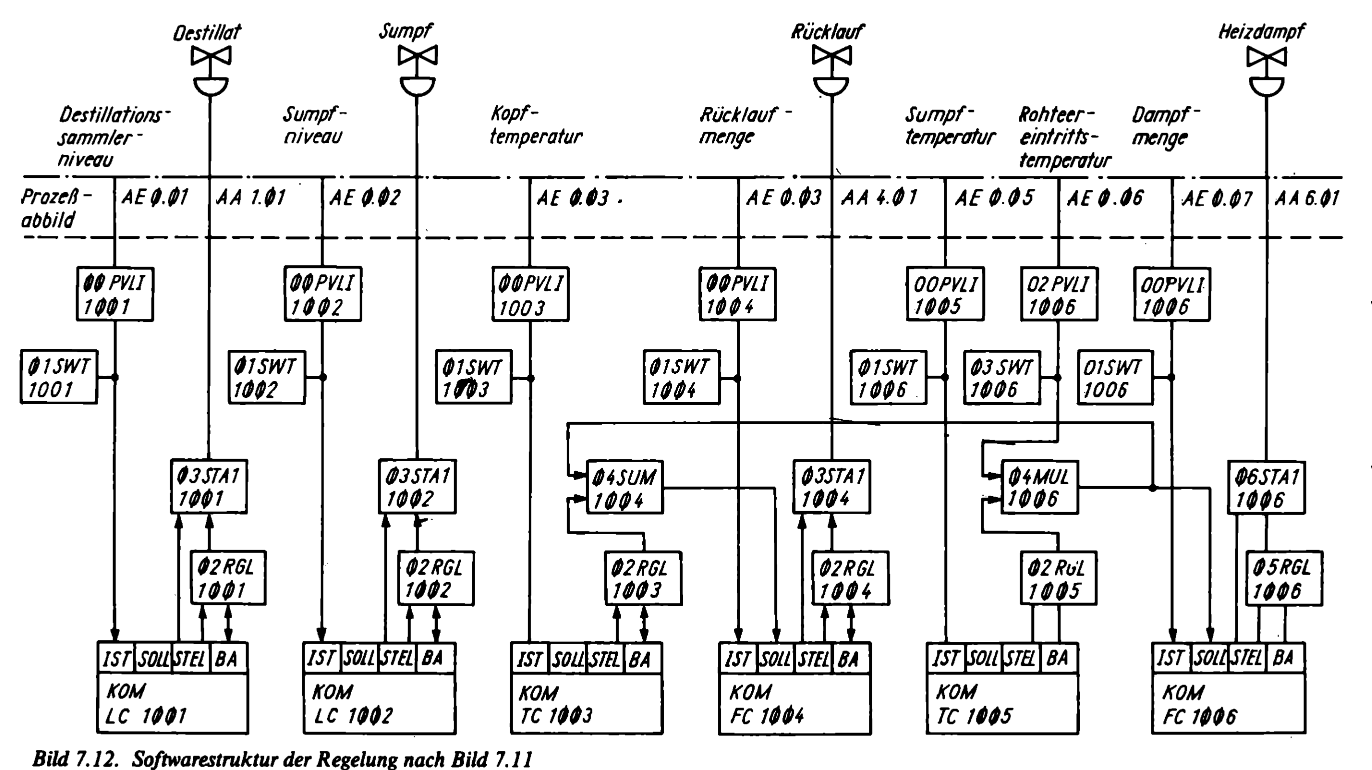


Bild 7.12. ***Softwarestruktur der Regelung nach Bild 7.11***

AE Analogeingabe; AA Analogausgabe; IST Istwert; SOLL Sollwert; STEL Stellwert; BA Betriebsart; PVLI Primärverarbeitung, linear; SWT Sinnfälligkeitstest; RGL PID-Regler; STA 1 Stellwertausgabe; SUM Summierer; MUL Multiplizierer; KOM Kommunikationsstellenblock

Zur Lösung dieser Aufgaben erfolgt der Mikrorechnereinsatz im Signalaufbereitungs-, Informations-, Regelungs- und Steuerungssystem. Das Blockschutzsystem wird weiterhin konventionell realisiert.
Schwerpunkt des Einsatzes von Mikrorechnern ist das Informationssystem. Dabei wird die Bildschirmtechnik auf Basis der Mikrorechentechnik zunehmend auch für die Aufgaben der operativen Betriebsführung eingesetzt.

7.3.1. Automatisierungsaufgaben für Mikrorechner im Kraftwerk

Durch die Mikroelektronik besteht die Möglichkeit, den Aufgabenbereich der Automatisierungsanlage im Kraftwerk zu erweitern und Verbesserungen gegenüber konventionellen Realisierungen zu erreichen.

Folgende Schwerpunkte sind zu erkennen:
- Informationsdarstellungen auf Farbbildschirmgeräten nach anthropotechnischen und ergonomischen Erkenntnissen
- Einsatz neuer Diagnose- und Servicemethoden
- Datenübertragung über Koaxialleitungen
- bessere Meßwertverarbeitung mit den Möglichkeiten
  der Beachtung meist linearer stationärer Prozeßzusammenhänge
  der Beachtung der dynamischen Prozeßzusammenhänge
  der Beachtung der Mehrgrößenstruktur des Prozesses
  erhöhter Genauigkeit bei der Verarbeitung.

7.3.2. Zusammenwirken der Mikrorechneranlage mit den anderen eingesetzten Gerätesystemen

Beim Einsatz von *audatec*-Anlagen in Kraftwerken erfolgt der Großverbundeinsatz im Zusammenwirken mit den Gerätesystemen ursamar 4000, ursamar 5000 (einkanalig) und ursalog 4000. Je nach Größe der Kraftwerksanlage werden mehrere Subsysteme *audatec* eingesetzt, die mittels Koppeleinheiten mit einem Wartenrechner verbunden sind. Bild 7.13 zeigt die funktionelle Struktur einer Kraftwerksautomatisierungsanlage mit *audatec*-Komponenten.

Im Informationssystem werden Farbmonitore eingesetzt, die ein aktuelles, ggf. tendenzielles Informationsangebot in Form von Anlagenbildern mit aktuellen Daten, Meßwertgruppen- und Einzelanwahl, Trendverläufen, Alarmzuständen usw. zur Verfügung stellen. Die noch eingesetzte konventionelle Instrumentierung, die lediglich die wesentlichsten Prozeßgrößen und -zustände berücksichtigt und bei Ausfall der Rechentechnik einen etwas eingeschränkten Geradeaus- und den Abfahrbetrieb ermöglicht, beträgt nur etwa 10 bis 20% der üblichen konventionellen Instrumentierung. Zur Gliederung gemäß den technologischen Gegebenheiten und zur Erhöhung der Leitungsfähigkeit besteht die Möglichkeit, Untersysteme aufzubauen, die über Koppeleinheiten mit einem Wartenrechner verbunden werden. Der Informationsaustausch zwischen den Einheiten des Untersystems erfolgt über eine gemeinsame serielle, redundant ausgelegte, linienförmige Datenbahn.

Zwischen dem Wartenrechner und den einzelnen Teilsystemen erfolgt die Datenübertragung über serielle Datenbahnen in Sternstruktur.

In Abhängigkeit von der Datenübertragungssituation ist stets ein Master und ein oder mehrere Slaves an einem Datenübertragungsspiel beteiligt. Die Wartenrechnerkoppeleinheit ist masterberechtigt zum Teilsystem hin, jedoch nicht masterberechtigt in Richtung Wartenrechner. Der Wartenrechner bleibt stets Masterstation.

Durch den Einsatz der Mikrorechentechnik im Informationssystem werden konventionelle Einzelinformationsausgabegeräte und Verarbeitungseinrichtungen stark reduziert. Ebenfalls gibt es in der Meßwertaufbereitung einen erheblichen Abbau an konventionellen Funktions-

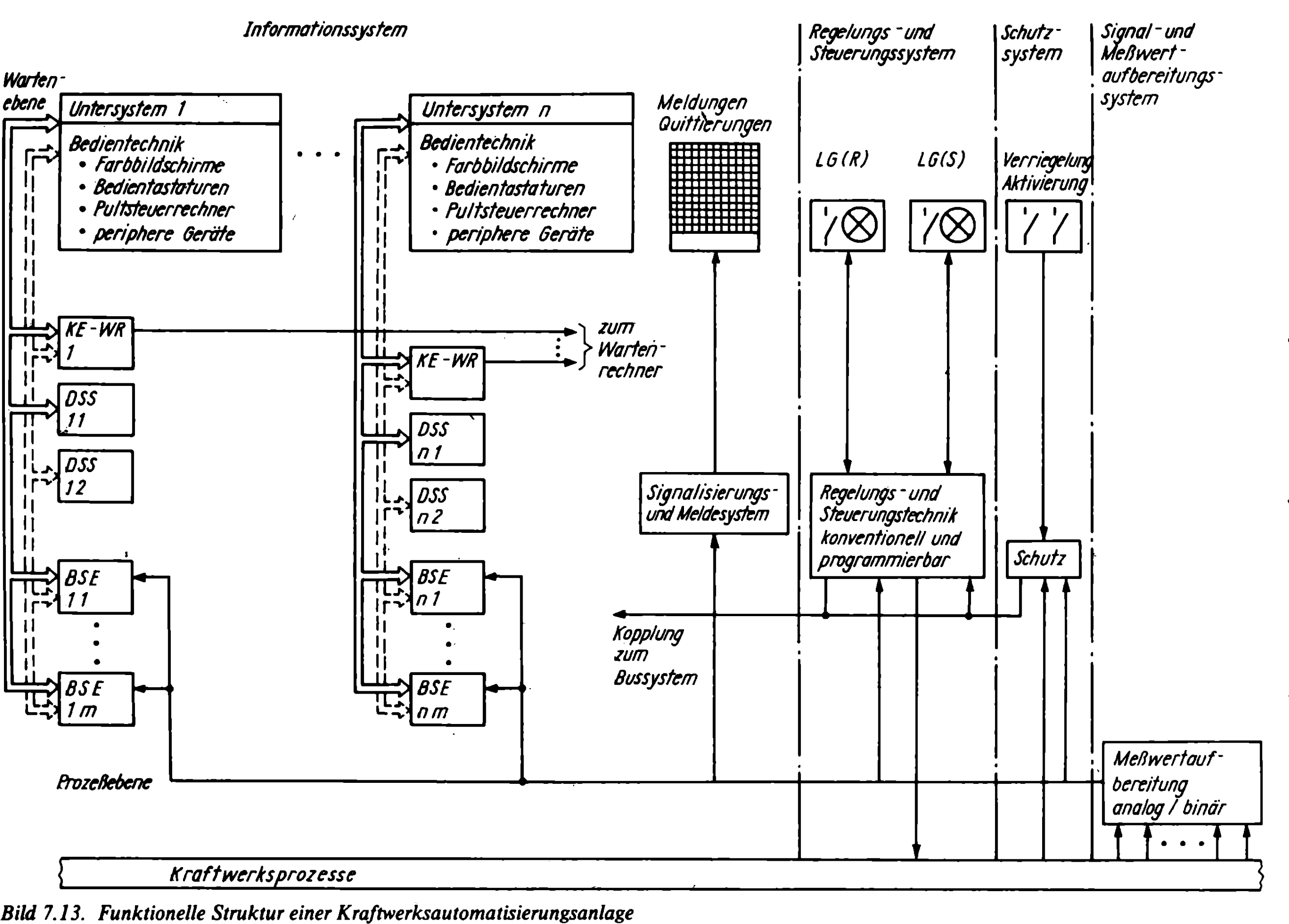


Bild 7.13. Funktionelle Struktur einer Kraftwerksautomatisierungsanlage

KE-WR Wartenrechnerkoppeleinheit; DSS Datenbahnsteuerstation; BSE Basissteuereinheit; LG(R) Bedienung Regelungen; LG(S) Bedienung Steuerungen

bausteinen zur Primärverarbeitung der Prozeßgröße und zur Signalverteilung. Im Regelsystem wird neben dem konventionellen Bausteinreglersystem der Einkanalmikroprozessorregler ursamar 5000 eingesetzt. Beide Einheiten sind zum Informationssystem koppelfähig. Der Mikroprozessorregler wird als Standardregeleinrichtung für Festwert-, Führungs-, Folge- und Verhältnisregler verwendet. Er ist mit einer langsamen seriellen Schnittstelle für die Funktionen Sollwertführen, Parametrieren und Strukturumschalten zum übergeordneten System koppelbar.

Die Einzelbedienung erfolgt mit Leitgeräten. Folgende Baueinheiten gehören zum System:

Mikroprozessorreglerbaustein mit CPU-Karte, Module zur Analog/Digital-Umsetzung, Analogausgabe, Binärsignaleingabe und -ausgabe sowie für ein langsames serielles Interface

Bedien- und Anzeigeeinheit. Sie dient zur Informationseingabe über eine Tastatur und Informationsausgabe über Digital- bzw. Leuchtdiodenanzeige. Es können Sollwerte, Reglerkennwerte, Reglerstrukturierungsinformationen ein- und ausgegeben werden. Sie befindet sich am Reglereinschub und wird parallel zu dem in der Wartentafel befindlichen Leitgerät benutzt.

Logikbaustein für Signalweiche

Leistungsbaustein für Signalweiche

Leitgerät.

Der Einkanalmikroprozessorregler wird zusammen mit den Bedienelementen vom VEB Wetron Weida produziert.

7.3.3. Aufbau eines rechnergestützten Informationssystems

Die Realisierung des Informationssystems mit dem *audatec*-System soll anhand des Einsatzes in einem Heizkraftwerk dargestellt werden. Das Werk besteht aus drei Blöcken sowie den dazugehörigen Nebenanlagen. Die Steuerung und Überwachung der Blöcke erfolgt von den einzelnen Blockwarten [7.4]. Zur Koordinierung des Zusammenwirkens zwischen den Blöcken, den Nebenanlagen und einem alten Heizwerk wurde die Dispatcherwarte vorgesehen.

Es werden vier Teilsysteme des Systems *audatec* eingesetzt. Bild 7.14 zeigt die Struktur der Automatisierungsanlage. Die Teilsysteme sind mit einem übergeordneten Wartenrechner verbunden. Ein Teilsystem besteht aus sechs Basissteuereinheiten, zwei Bedienpulten einschließlich Bedientastatur und Farbmonitor, zwei Datenbahnsteuerstationen und einer Koppeleinheit Wartenrechner. Nur das Teilsystem in der Dispatcherwarte besteht aus zwei Basissteuereinheiten, einem Bedienpult mit Pultsteuerrechner, Bedientastatur und Farbmonitor sowie zwei Datenbahnsteuerstationen und einer Wartenrechnerkoppeleinheit. Mit dem Bedienpult einschließlich Zubehör wird damit für den Dispatcher ein reiner Bildschirmarbeitsplatz geschaffen.

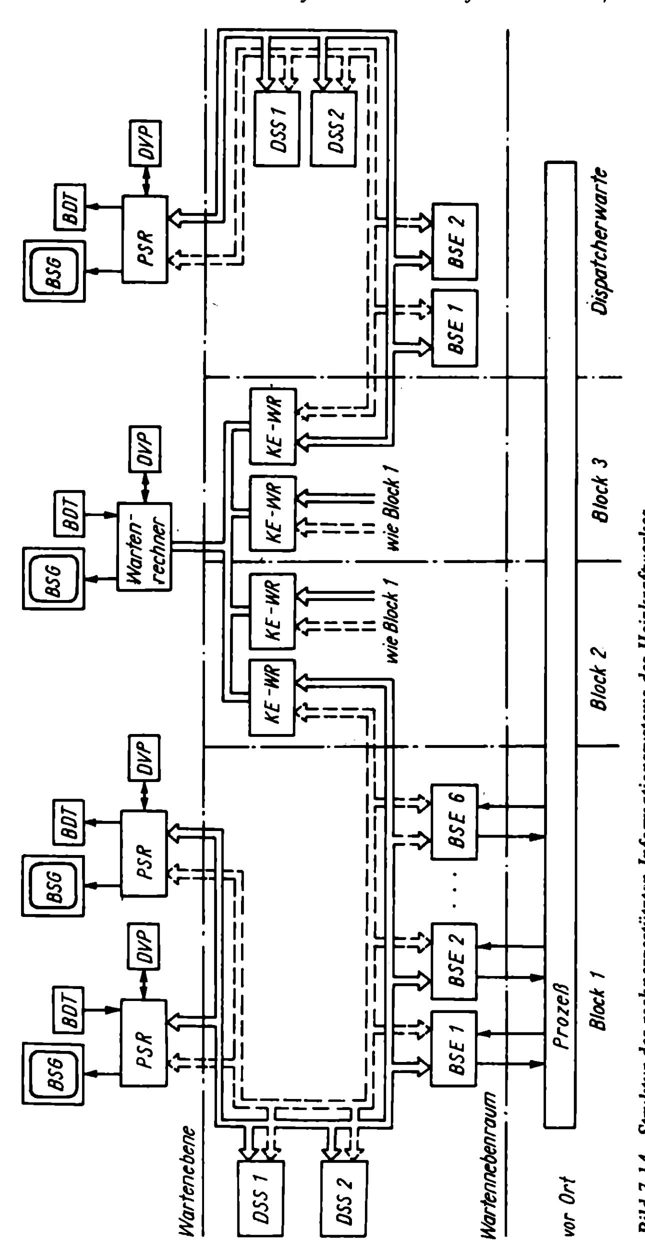


Bild 7.14. Struktur des rechnergestützten Informationssystems des Heizkraftwerkes

BSG Farbmonitor; BDT Bedientastatur; DVP Datenverarbeitungsperipherie; KE-WR Wartenrechnerkoppeleinheit; PSR Pultsteuerrechner; DSS Datenbahnsteuerstation; BSE Basissteuereinheit

7.3.4. Ausgewählte Aufgabenstellungen im Kraftwerk und ihre mikrorechentechnische Lösung

7.3.4.1. Optimale Verbrennungsluftregelung

Die Verbrennungsluftregelung ist ein Hauptregelkreis bei Dampferzeugern. Bei kohlestaubgefeuerten Dampferzeugern soll die Regelung bei allen wirkenden Störungen (Dampfmenge, Heizwert, Schütthöhe auf Zuteiler, Falschluftanteil, Stellung der Heiß- und Kaltluftklappen) eine solche Luftmenge zuführen, daß ein optimaler Verbrennungsvorgang stattfindet [7.5]. Bild 7.15 zeigt die Regelungsstruktur, die als Kaskade mit Sollwertoptimierung realisiert ist.

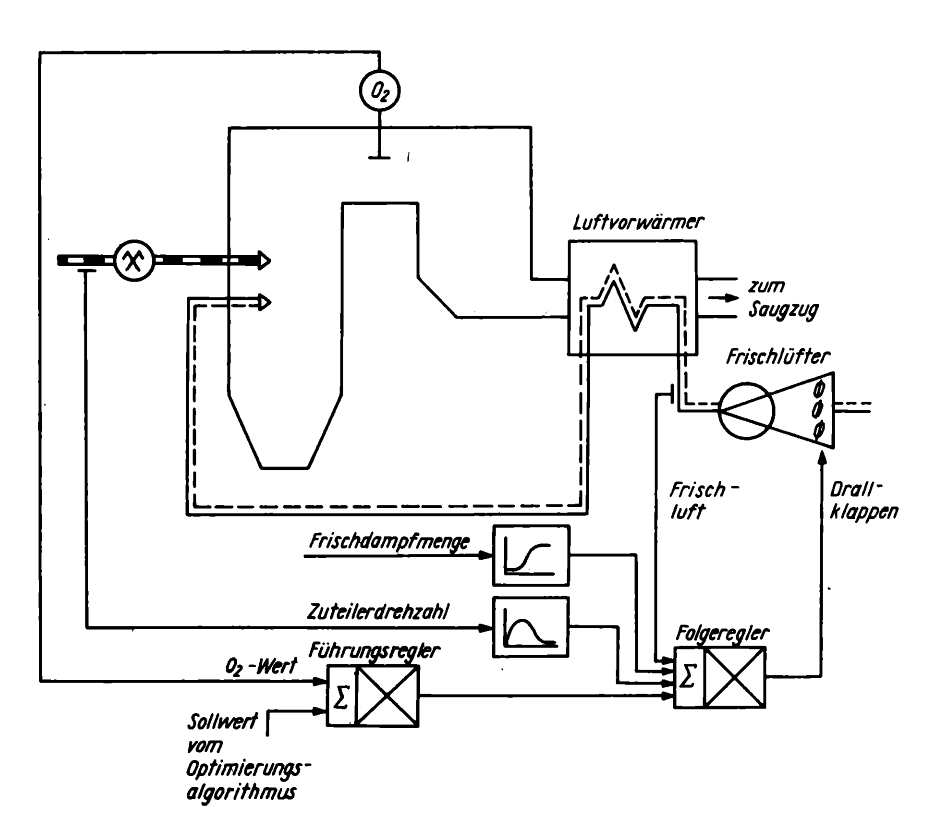


Bild 7.15. Struktur der Verbrennungsluftregelung

O_2 Sauerstoffgehalt

Zur Realisierung der Verbrennungsluftregelung mit Optimierung wurde eine autonome Automatisierungseinrichtung eingesetzt. Bild 7.16 zeigt die Struktur dieser autonomen Automatisierungseinrichtung. Die Basissteuereinheit enthält zwei Mikrorechner, die über eine Master/Slave-Kopplung verbunden sind. Der Masterrechner übernimmt die Optimierungsaufgaben und übergibt den optimalen O_2-Sollwert dem Slaverechner, der die DDC-Regelungen realisiert [7.6, 7.7].

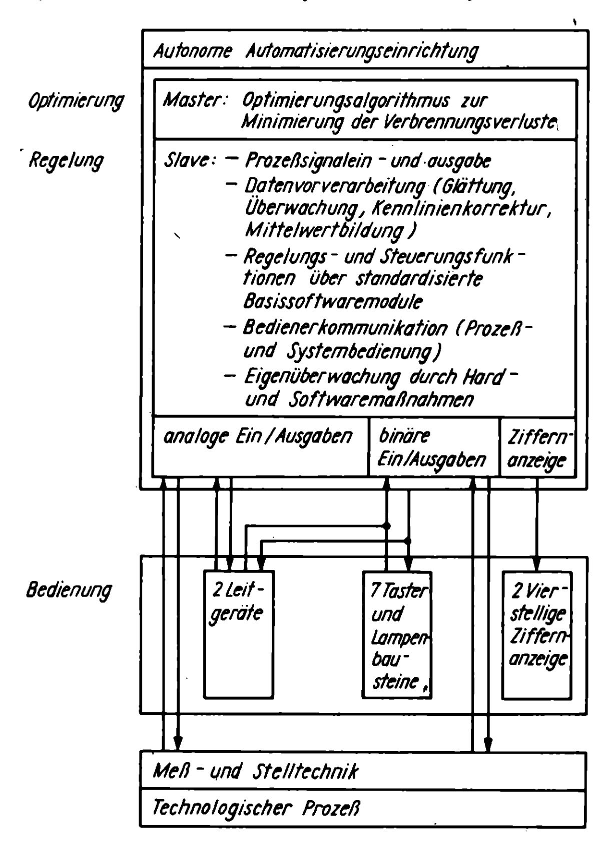


Bild 7.16. Struktur der autonomen Automatisierungseinrichtung für eine Verbrennungsluftregelung

7.3.4.2. Mehrkanaltemperaturregelung

Die Basissteuereinheit übernimmt hierbei die Regelung von sechs Frischdampftemperaturen für je zwei Grob-, Mittel- und Feineinspritzungen. Die Regelkreise arbeiten als PI-Regelung mit nachgebender Aufschaltung einer Hilfsregelgröße. Bild 7.18 zeigt die Regelungsstruktur zur Überhitzerregelung.

Die Basissteuereinheit ist als autonome Automatisierungseinrichtung ausgeführt, die aber zusätzlich über die Datenbahn mit einem Kleinverbundsystem gekoppelt ist. Die Prozeßbedienung erfolgt über sechs Leitgeräte. Zur Systembedienung wird der Kontrollmodul mit Tastatur- und Anzeigevorsatz eingesetzt. Zur Prozeß- und Bedienkopplung sind die Zusatzbausteine Signalweiche und Logik-Signalweiche eingesetzt. Bild 7.19 zeigt die strukturelle Zusammenschaltung, die sechsmal ausgeführt ist.

Ein Softwarebaustein realisiert innerhalb der Basissteuereinheit die Leistungsverstärkung und ermöglicht damit die direkte unstetige Ansteuerung des Stellmotors unter Einhaltung der zulässigen Schaltspiele. Diese Lösung ist raumsparend und kostengünstig. Zusätzlich ist eine lastabhängige Parameterführung der Reglerparameter Verstärkung und Nachstellzeit vorgesehen.

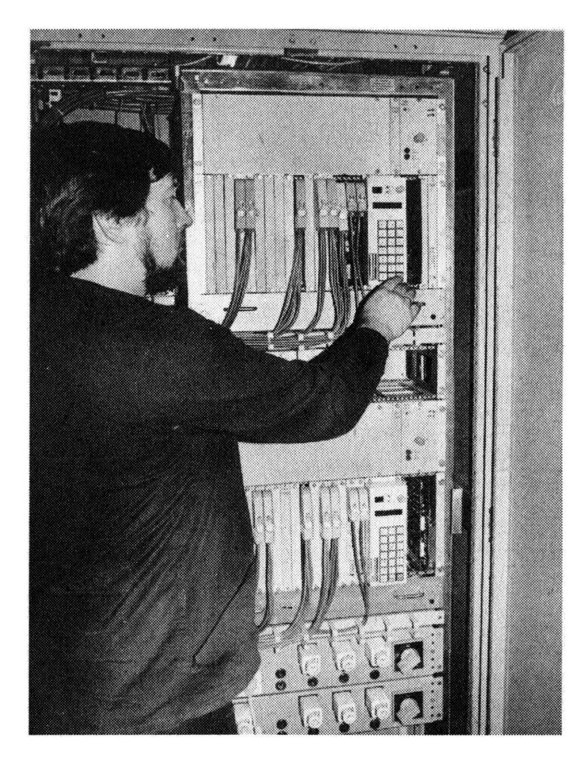


Bild 7.17. Autonome Automatisierungseinrichtung zur Verbrennungsluftregelung
Foto: *Löhse*, Görlitz

Neben der Realisierung der direkten Bedien- und Anzeigefunktionen der Basissteuereinheit erfolgt die Zustandsanzeige der Regelkreise ebenfalls auf dem Farbmonitor der Kleinverbundanlage. Durch dieses Bedienkonzept ist eine wesentliche Reduzierung des Bedienpersonals im Normalbetrieb des Kraftwerks möglich, ohne daß die Sicherheitsforderungen während des An- und Abfahrprozesses verletzt werden.

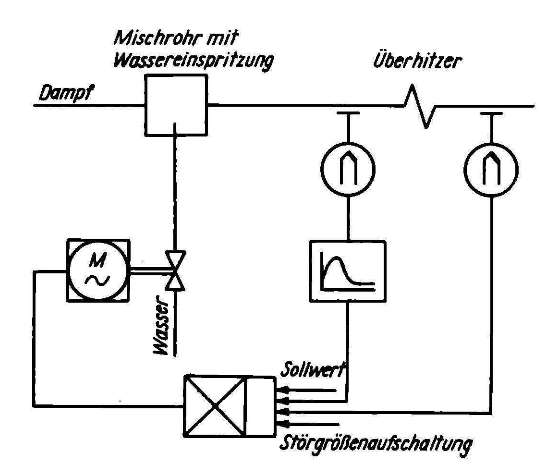


Bild 7.18. Frischdampftemperaturregelkreis

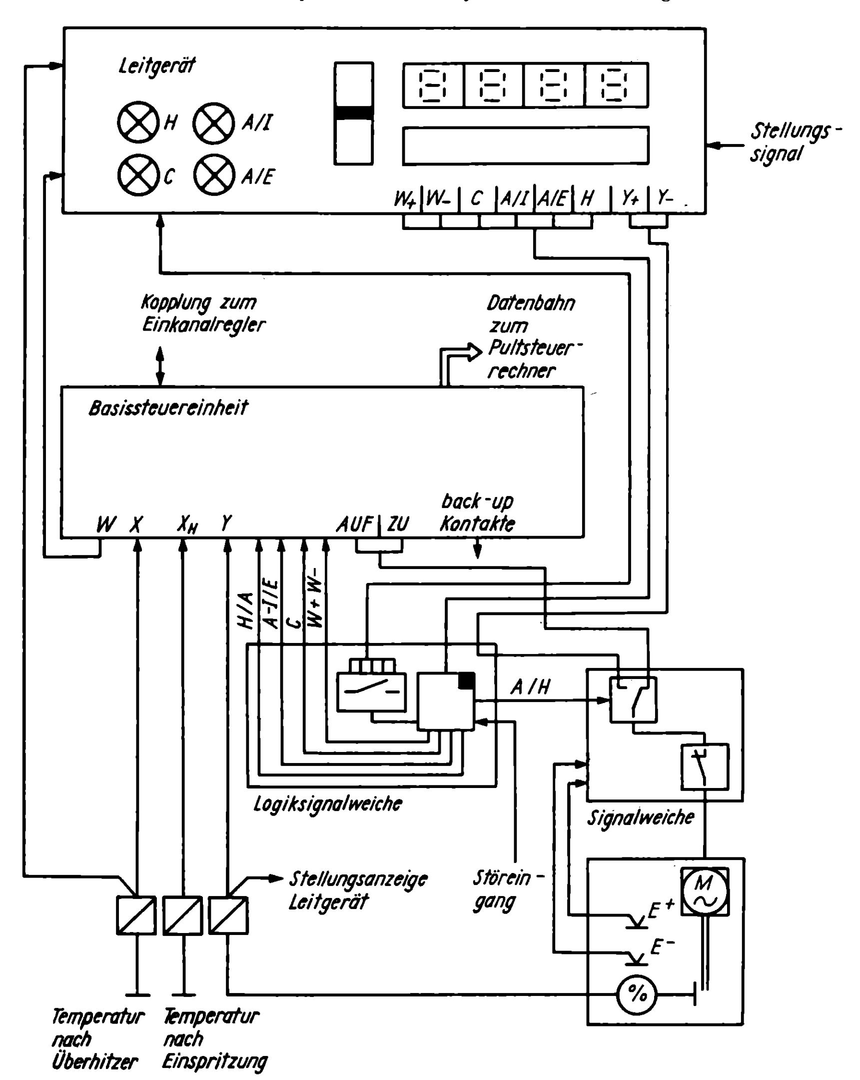


Bild 7.19. ***Prinzipschaltbild zur Zusammenschaltung des Heißdampftemperaturregelkreises***

H Handbetrieb; A Automatikbetrieb; I intern; E extern; C rechnergeführt

W_+ Sollwert höher; W_- Sollwert niedriger; y_+ Stellung höher; y_- Stellung niedriger; x Istwert; X_H Hilfsregelgröße; W Sollwert; E^+ Endlage zu; E^- Endlage auf

7.3.4.3. Autonome Automatisierungseinrichtung in Heizwerken

Der Einsatz einer autonomen Automatisierungseinrichtung mit Bedienung über Schwarzweißbildschirm und Tastatur wird an der Automatisierungslösung für ein Heizwerk gezeigt [7.8]. Diese Einsatzform ist aber auch für zahlreiche Automatisierungsaufgaben in anderen Industriezweigen einsetzbar.

In Heizwerken kleiner und mittlerer Leistung wird vorrangig Rohbraunkohle als Brennstoff eingesetzt. Die Rohbraunkohle mit größtem Wirkungsgrad zu nutzen, ist besonders bei mehrbahnigen Schwingrostfeuerungen problematisch. Mit dem Einsatz einer autonom arbeitenden Basissteuereinheit ist eine weitgehend leistungsgeregelte Fahrweise möglich. Dadurch werden Wirkungsgraderhöhungen erreicht und Zerstörungen im Bereich der Brennkammern vermieden.

Bild 7.20 zeigt die Aufgaben, die mit der autonomen Automatisierungseinrichtung gelöst

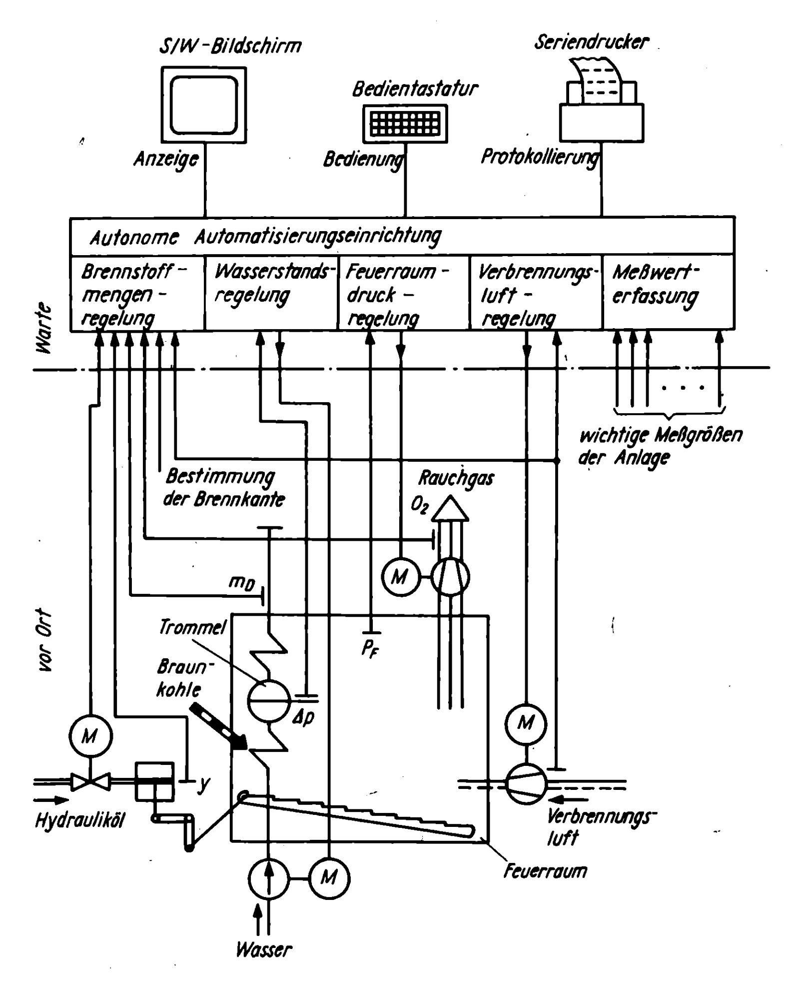


Bild 7.20. Aufgaben der autonomen Automatisierungseinrichtung in Heizwerken

M_D Dampfmenge; p_F Feuerraumdruck; y Stellung; O_2 Sauerstoffgehalt; Δp Differenzdruck Niveaustand

werden. Es sind hauptsächlich regelungstechnische Aufgaben. Die Regelkreise Wasserstand, Feuerraumdruck sowie Verbrennungsluft werden analog zur konventionellen Anlage durch entsprechende Strukturierung als PID-Regler ausgeführt. Die Brennstoffmengenregelung ist strukturell wesentlich komplizierter aufgebaut. Es werden Sonderbasismodule zur Bestimmung der Brennkante eingesetzt und zur Verbesserung der Regelgüte die Dampfmenge, die Verbrennungsluftmenge und der Sauerstoffgehalt des Rauchgases aufgeschaltet. Bild 7.21 zeigt den Schrankbelegungsplan der Basissteuereinheit.

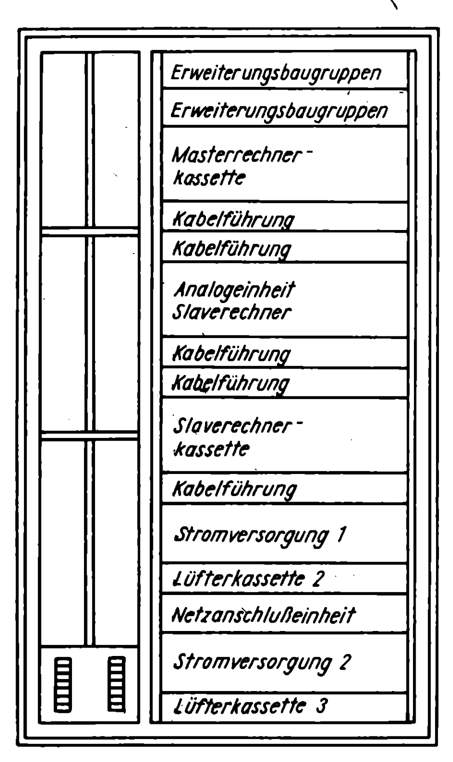


Bild 7.21. Schrankaufbau der autonomen Automatisierungseinrichtung im Heizwerk

Es werden natürliche Signale aufgeschaltet und deshalb zahlreiche Anpaßkarten für Widerstandsgeber und Millivoltmeßsignale eingesetzt. Die Bedienung erfolgt über die zum System *audatec* gehörende Tastatur. Zur Kommunikation stehen dem Anlagenfahrer folgende Darstellungsarten zur Verfügung:

Übersichtsbild
Gruppenbild
Einzelbild.

Die Hintergrundprogramme und die Protokollierungen werden von einer zweiten zentralen Recheneinheit übernommen, die ebenfalls mit Speicher ausgerüstet ist und über die Master/Slave-Kopplung mit der ersten zentralen Recheneinheit verbunden ist.

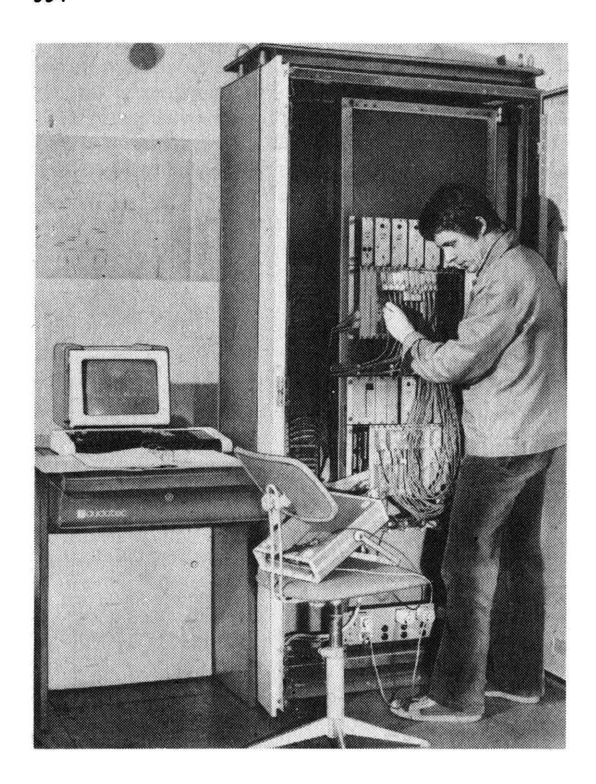


Bild 7.22. Autonome Automatisierungseinrichtung mit Bildschirmbedienung im Heizwerk
Foto: *Müller/Straube*, Berlin

7.4. Realisierungsdurchlauf einer autonom arbeitenden Basissteuereinheit für die Metallurgie

Der Einsatz einer autonom arbeitenden Basissteuereinheit wird am Beispiel der mikrorechnergesteuerten Wärmeführung für einen Siemens-Martin-Ofen (SM-Ofen) dargestellt [7.9]. Beim Siemens-Martin-Prozeß wird bekanntlich aus Schrott und weiteren Einsatzstoffen flüssiger Stahl erzeugt. Das Einschmelzen des Schrottes erfolgt im Herdraum, der durch an beiden Seiten angeordneten Brennern mit Öl bzw. Erdgas beheizt wird. Das Erdgas und die Verbrennungsluft werden in doppelt vorhandenen Kammern vorgewärmt. Bild 7.23 zeigt das technologische Schema mit den eingesetzten konventionell realisierten Regelungen. Der Hauptregelkreis des SM-Ofens stabilisiert die Gewölbetemperatur über die Brennstoffzufuhr als Stellgröße. Der Temperaturauswahlregler *1* schaltet die jeweils wärmere Meßstelle auf den Temperaturregler *2*. Dieser verstellt über den Sollwert des Reglers *3* den Öldurchfluß, dem die Zerstäubungsdruckluft nachgeführt wird. Den Sollwert für den Gasdurchflußregler *4* kann man wie beim Öldurchflußregler *3* automatisch nachführen lassen.

Nach der Summe der beiden Brennstoffe wird die Verbrennungsluft durch einen Gemischregler *5* nachgeführt. Der Druck im Oberofen ist im wesentlichen von der Zugwirkung des Kamins oder eines Abgasgebläses abhängig. Er wird durch den Herdraumdruckregler *6* konstant gehalten.

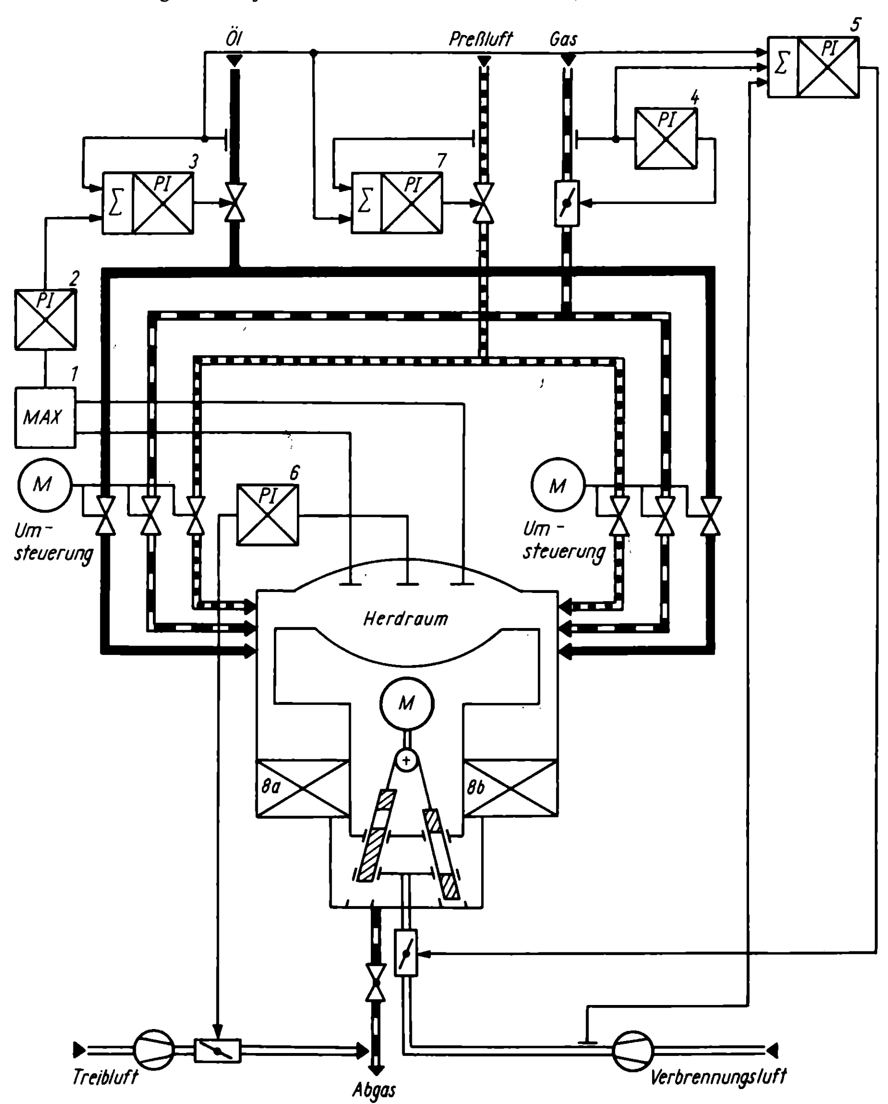


Bild 7.23. Schematische Darstellung des Siemens-Martin-Ofens mit Grundautomatisierung

1 Maximalwertauswahl; *2* Temperaturregler; *3* Öldurchflußregler; *4* Gasdurchflußregler; *5* Summe Brennstoff-Luft-Gemischregler; *6* Herdraumdruckregler; *7* Verhältnisregler Öl–Druckluft; *8* Regenerativluftkammern (a und b)

7.4.1. Automatisierungsaufgabe der autonomen Automatisierungseinrichtung

Die Hauptaufgabe der autonomen Automatisierungseinrichtung besteht in der Realisierung der rechnergeführten Regelung zur optimalen Wärmeführung der einzelnen Verfahrensstufen des Siemens-Martin-Prozesses unter Beachtung des technologischen Zustands des Ofens. Aus energetischer Sicht weisen die technologischen Stufen Chargieren und Losschmelzen die größte Dynamik in der Wärmeführung des SM-Ofens auf. In diesen beiden Verfahrensstufen bringt der Einsatz der autonomen Automatisierungseinrichtung zur Wärmeführung den größten ökonomischen Effekt. Sie übernimmt die Steuerung der wärmetechnischen Fahrweise des Hauptbrenners und der Seitenbrenner beim Einschmelzen sowie das Festlegen der Zeitpunkte des Betreibens der Seitenbrenner. Damit bestimmt die Basissteuereinheit auch die Betriebsdauer der Seitenbrenner. Folgende Hauptregelkreise werden geführt:

Erdgasmenge Hauptbrenner
Sekundärdruckluftmenge
Windmenge
Ölmenge Hauptbrenner
Erdgasmenge Seitenbrenner
Druckluftmenge Seitenbrenner.

Zum Einsatz kommt die Zweiprozessorvariante mit der Auftrennung in Master- und Slaverechner.

Der Masterrechner hat folgende Aufgaben:

- Optimierung des spezifischen Energieverbrauchs je Charge nach einem speziellen Prozeßsteueralgorithmus
- Übernahme und Prüfung der Daten vom übergeordneten Prozeßrechner
- Übernahme und Prüfung aufbereiteter Daten über Größen und Zustände des Prozesses und der konventionellen Regel- und Steueranlage vom Slave
- Übergabe der optimierten Sollwerte für die elektronischen unstetigen Verfahrensregler an den Slave
- Absicherung der Kommunikationsaufgaben mit Tastatur, Bildschirm und Seriendrucker.

Der Slaverechner realisiert die Prozeßkopplung und übernimmt folgende Aufgaben:

- Erfassung, Wandlung, Überwachung und Vorverarbeitung der analogen und binären Meßwerte
- Ausgabe der vom Masterrechner optimierten Sollwerte für Öl-, Erdgas- und Verbrennungsluftmengen an die elektronischen unstetigen Verfahrensregler
- Überwachung und Ausgabe der optischen Signalisierung der Betriebsregimekennzeichnung auf zwölf Leuchtfeldbausteinen im örtlichen Schmelzerstand
- Anzeige der aktuellen Sollwerte auf einem vierstelligen Ziffernanzeigebaustein im Schmelzerstand auf Anwahl
- Ausgabe von Binärsignalen an die elektrische Steuerung des SM-Ofens.

7.4.2. Automatisierungskonzeption

Die Automatisierungsanlage gliedert sich in drei Funktions- bzw. Raumebenen. Bild 7.24 zeigt den Aufbau.

Entsprechend der räumlichen Trennung in technologische Anlage, örtlicher Leitstand und Rechnerraum erfolgt die funktionelle Aufgliederung.

In der Meß- und Stellebene befinden sich die örtlichen Meß- und Stellgeräte. Die Regelung und Steuerung des SM-Ofens erfolgt durch konventionelle Technik.

Diese Informationsverarbeitung ist im örtlichen Schmelzerstand angeordnet und besteht aus Anzeige- (analog, digital), Registrier-, Leit- und Bediengeräten sowie den Einrichtungen

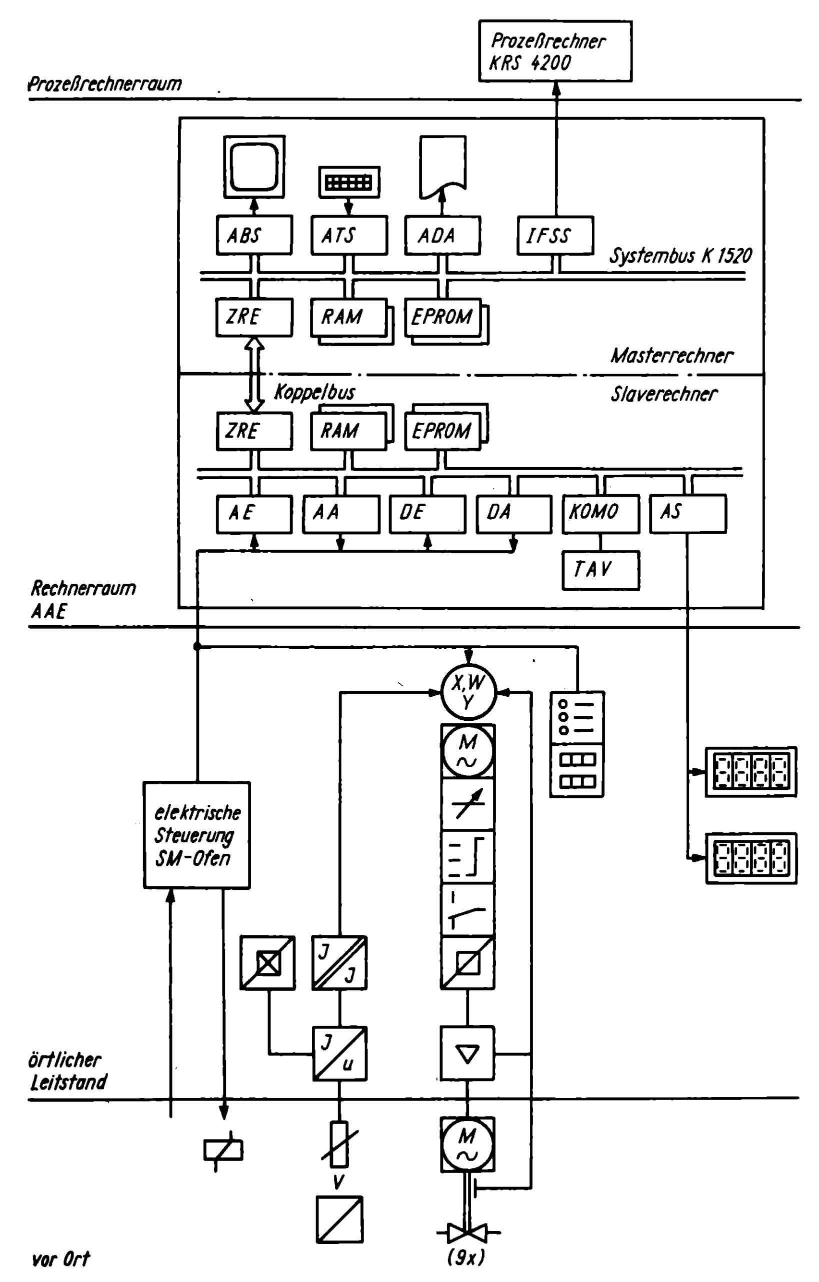


Bild 7.24. Automatisierungsstruktur für die mikrorechnergesteuerte Wärmeführung des Siemens-Martin-Ofens

ABS Anschlußsteuerung Bildschirm; ATS Anschlußsteuerung Tastatur; ADA Anschlußsteuerung Drucker; IFSS Anschlußsteuerung mit IfSS-Schnittstelle; ZRE zentrale Recheneinheit; RAM Operativspeicher; EPROM Festwertspeicher; AE Analogeingabe; AA Analogausgabe; DE Digitaleingabe; DA Digitalausgabe; KOMO Kontrollmodul; TAV Tastatur- und Anzeigevorsatz; AS Anschlußsteuerung Ziffernanzeige

der elektrischen Steuerung. Im Rechnerraum sind die autonome Automatisierungseinrichtung und der Prozeßrechner angeordnet. Die autonome Automatisierungseinrichtung besteht für den Einsatzfall SM-Ofen aus zwei Zentraleinheiten. Sie arbeiten im Master/Slave-Betrieb. Die Datenübertragung erfolgt über den Koppelbus. Es werden die im Abschn. 7.4.1. genannten Aufgaben gelöst.

Der Prozeßrechner (Robotron KRS 4200), der die Erfassung und Umrechnung der Einsatzstoffe des Stahlwerks vornimmt, ist der Betriebsleit- und Dispatcherebene zuzuordnen.

7.4.3. Hardwareprojektierung

Die Basissteuereinheit ist in einem Schrank Nb 1000 (1000 mm × 2000 mm × 400 mm) installiert. Die Bedieneinheit besteht aus zwei *audatec*-Sitzpulten, auf dem die alphanumerische Funktionstastatur und der Schwarzweißbildschirm MON 1 stehen. Der Seriendrucker SD daro 1156 (Robotron) ergänzt den Bedienplatz. Bild 7.25 zeigt die räumliche Anordnung. Die Baugruppen der Basissteuereinheit sind in drei Baugruppeneinsätzen angeordnet.

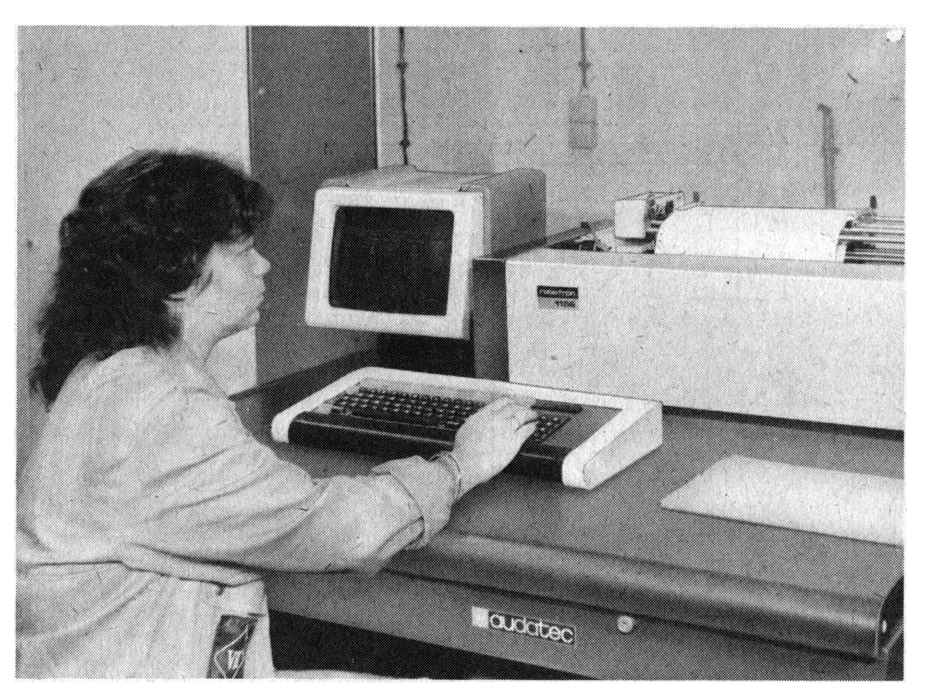


Bild 7.25. Autonome Automatisierungseinrichtung am Siemens-Martin-Ofen
Foto: *Müller/Straube*, Berlin

Tafel 7.1 gibt eine übersichtsmäßige Zuordnung von den Eingangs- und Ausgangssignalen zu den eingesetzten Baugruppen.

Die Stromversorgungsbaugruppen einschließlich Überwachung der Rechnerspannungen sind in Tafel 7.1 nicht enthalten. Sie gehören wie die Lüfter-, Kontakt- und Absicherungsbaugruppen zu den Standardbaugruppen eines Mikrorechnereinsatzes.

Die Zusammenschaltung der Basissteuereinheit mit der konventionellen Automatisie-

rungsanlage soll am Beispiel der Sollwertführung der neun unstetigen Verfahrensregler durch den Slaverechner näher erläutert werden. Die unstetigen Verfahrensregler (Typ RLU, VEB Meßgerätewerk Magdeburg) ermöglichen in der Schalterstellung „Extern“ über eine Motoreinheit, die mechanisch mit der Skala, einem Sollwertpotentiometer und einem Folgepotentiometer gekoppelt ist, die externe Sollwertverstellung mit Dreipunktsignalen. Die Ansteuerung erfolgt von der Basissteuereinheit über eine Relaisausgabe, die pulslängenmoduliert arbeitet. Über das Folgepotentiometer erfolgt die Stellungsrückmeldung des eingestellten Sollwerts. Der Widerstandswert wird dabei mit einer Anpaßkarte AE-PG 2316.30 in ein 0-bis-1-V-Signal umgesetzt und dann mit Hilfe des Analog/Digital-Umsetzers in die Basissteuereinheit übernommen. Bild 7.26 zeigt die prinzipielle gerätetechnische Zusammenschaltung.

Aus einer Reihe von Eingangsdaten berechnet der Master mittels des Prozeßsteueralgorithmus die optimierten Sollwerte für neun Regler. Der jeweilige Sollwert wird in den Kommunikationsstellenblock des Slave eingeschrieben. Im Funktionsschaltplan ist das Zusammenwirken von Hardware, Software und konventioneller Gerätetechnik dargestellt. Auf dem Funktionsschaltplan werden im linken Teil die allpolige Darstellung der Verschaltung und im rechten Teil der Baugliedplan (fragmentarisch) und der Softwarestrukturplan gezeigt.

Der Strukturplan stellt die Verschaltung der Firmware, d. h. der Basissoftwaremodule zur

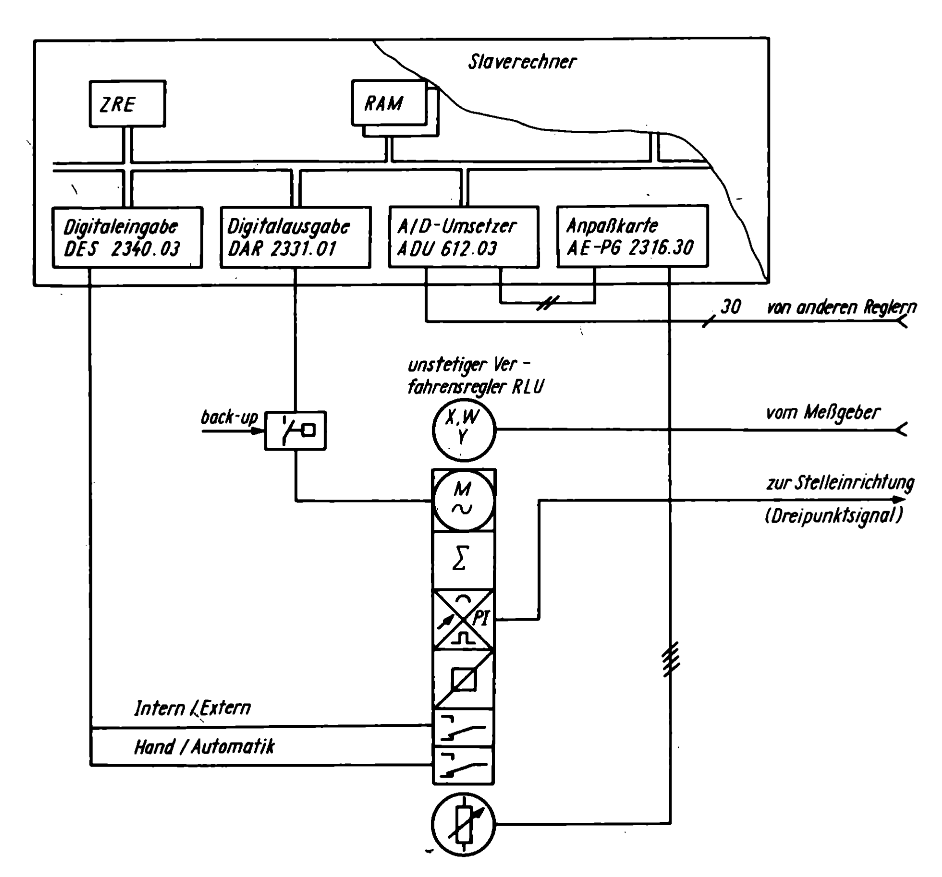


Bild 7.26. Zusammenschaltung Verfahrensregler RLU mit Slaverechner
ZRE zentrale Recheneinheit; RAM Operativspeicher

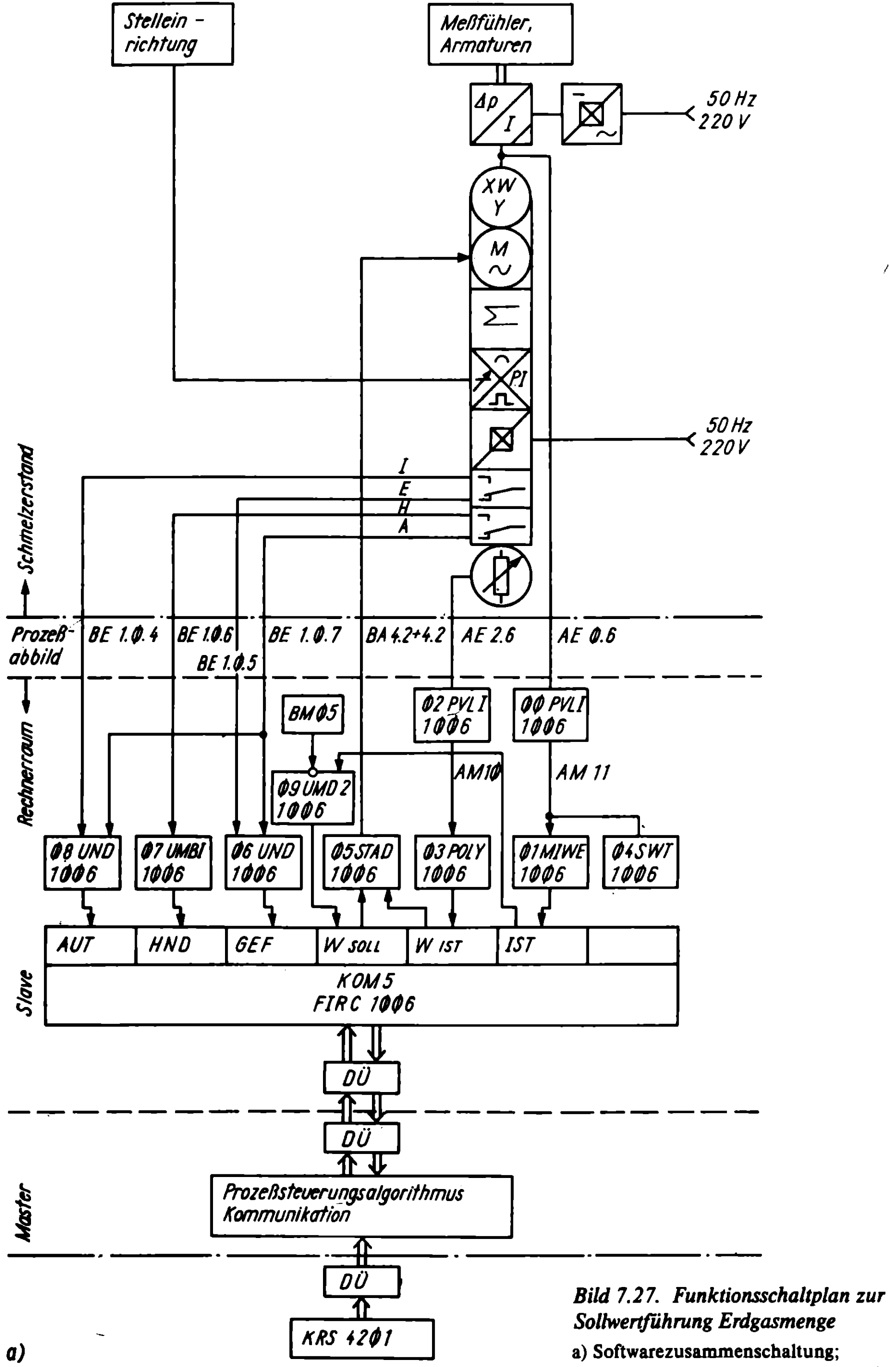
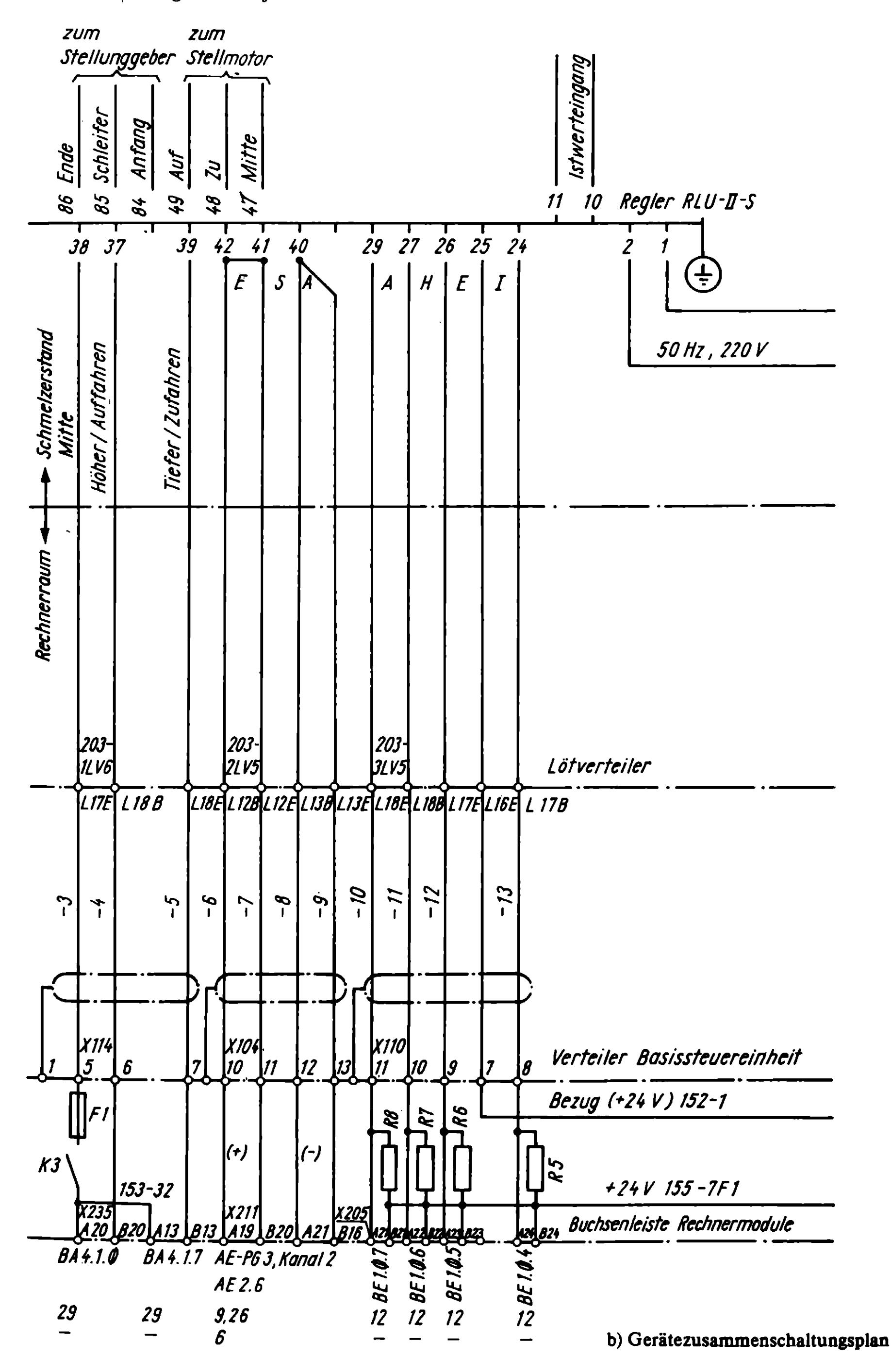
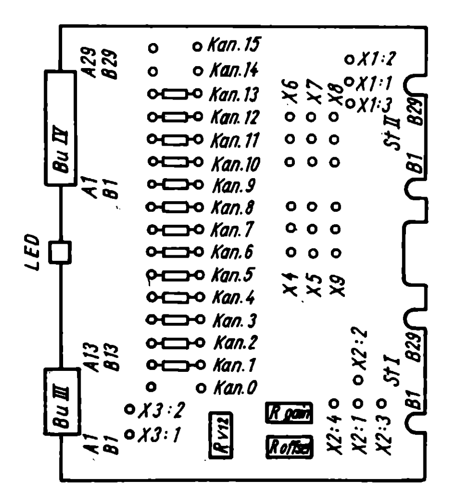


Bild 7.27. Funktionsschaltplan zur Sollwertführung Erdgasmenge

a) Softwarezusammenschaltung;
BE Digitaleingabe; BA Digitalausgabe; AE Analogeingabe; BM binäre Merker; PVLI, UMD, UND, UMBI, STAD, POLY, MIWE und SWT Basissoftwaremodule; KOM Kommunikationsblock; DÜ Datenübertragung; AE-PG Analogeingabe passive Geber



b) Gerätezusammenschaltungsplan



Wickelprogrammierung Betriebsart		
Kanal 0, Prüfkanal	X3:1–X3-:2	×
Meßbereich 0 ... 5 V bei Erweiterungssignalen	X2:2–X2-:3	×
Meßbereich 0 ... 1 V bei Zusammenschaltung mit Anpaßkarten	X2:1–X2-:2	–
	X2:2–X2-:4	–
Arbeitsweise als Grundkarte	X1:2–X1-:3	×
Arbeitsweise als Erweiterungskarte	X1:1–X1-:2	–
Moduladresse: Ø8 ... ØF (Programmierung gemäß Katalogblatt	X4: –X4: N-A	
	X5: –X5: E-A	
	X6: –X6: N-A	
	X7: –X7: N-A	
	X8: –X8: N-A	
	X9: –X9: N-A	

PA	KES-Kon.	Signaleingang Bu IV	Pegel	KOMS	Bemerkungen
AE 0.0 ... 0.7	Ü od. Prüfk.	A1 (+), B1 (–)	Prüfkanal	–	–
	1	A2, B2	0 ... 5 mA	FIRC 1001	Istwert EG HB
	2	A3, B3	0 ... 20 mA	FIRC 1002	Istwert ÖL HB
	3	A4, B4	0 ... 5 mA	FIRC 1003	Istwert SL HB
	4	A5, B5	0 ... 5 mA	FIRC 1004	Istwert EG hSB
	5	A6, B6	0 ... 5 mA	FIRC 1005	Istwert PL hSB
	6	A7, B7	0 ... 5 mA	FIRC 1006	Istwert EG vSB
	7	A8, B8	0 ... 5 mA	FIRC 1007	Istwert PL vSB
AE 1.0 ... 1.7	8	A9, B9	0 ... 5 mA	FIRC 1008	Istwert Windmenge
	9	A10, B10	0 ... 20 mA	PIRC 1009	Istwert HD
	10	A11, B11	0 ... 20 mA	TIR 1010	Gewölbetemp.
	11	A12, B12	0 ... 20 mA	TIR 1011	Kammertemp. links
	12	A13, B13	0 ... 20 mA	TIR 1012	Kammertemp. rechts
	13	A14, B14			Reserve
	14	A15, B15			Reserve
	15	A16, B16			Reserve

Bild 7.28

Belegung Prüfbuchse BU III		
Lfd. Nr.	Stift	Signal
1	A7	Vergleichsspannung U_A
2	A5	+5 V
3	A3	+15 V
4	A1	−15 v
5	B1 ... B13	analoge Masse

Bild 7.28. Moduladressierungs- und -programmierungsplan für den Analog/Digital-Umsetzer

Kan Kanal; BU Buchsenleiste; LED LED-Anzeige; St Steckerleiste; EG Erdgas; HB Hauptbrenner; SL Sekundärdruckluftmenge; PL Druckluftmenge; HD Herdraumdruck

Tafel 7.1. Übersicht zu den eingesetzten Baugruppen

KRS 4201 Prozeßrechner vom Kombinat Robotron

Baugruppe	Funktion bzw. Art der Signalaufschaltung	Anzahl
Zentrale Recheneinheit ZRE K 2521.05	Master- bzw. Slaverechner	2
Festwertspeicher PFS K 3820.05	EPROM-Speicherung für Master und Slaverechner	4
Operativspeicher OPS K 3520.05	RAM-Speicherung für Master und Slaverechner	6
Busverstärker BVE K 4120.05	Aufbau Sekundärbus für Slaverechner	1
Anschlußsteuerung ADA K 6022.05	Ansteuerung Seriendrucker	1
Anschlußsteuerung ABS K 7023.01	Ansteuerung Schwarzweißbildschirm MON1	1
Anschlußsteuerung ATS K 7023.10	Ansteuerung Tastatur und Kopplung zum KRS 4201	1
Überwachungsbaustein UEW 2328.02	Überwachung Bussignale, Back-up-Steuerung	1
Kontrollmodul mit Tastatur und Anzeigevorsatz KOMO 3705.01	Systembedienung und Fehleranzeige Slaverechner	1
Anschlußsteuerung DUA 401	Realisierung von zwei 4stelligen Ziffernanzeigen	1
Analog/Digital-Umsetzer ADU 612.03	Wandlung der analogen Prozeßgrößen und Stellungsrückmeldungen	2
Passive Geberkarte AE-PG 2316.30	Wandlung Widerstandswerte in 0 ... 1-V-Signale	3
Digitaleingabe DES 2340.03	Zustandsrückmeldungen von den Reglern (intern/extern und Hand/Automatik	2
Digitaleingabe DES 2340.03	Bedientaster für Ziffernanzeigebaustein	1
Digitaleingabe DES 2340.03	Rückmeldungen Steuerung und Rückmeldung der Ejektor und Saugzugklappen	1
Relaisausgabe DAR 2331.01	Ansteuerung Sollwerteinstellung konventionelle Regler (mehr, weniger, Halt)	5
Relaisausgabe DAR 2331.01	zur Steuerung des SM-Ofens	3
Relaisausgabe DAR 2331.01	Betriebsregimeanzeige im Schmelzerstand	1
Relaisausgabe DAR 2331.01	Back-up-Steuerung und Fehleranzeige	1

Funktionsrealisierung, dar. Die strukturierten Basissoftwaremodule arbeiten mit den Informationen der Kommunikationsstellenblöcke, der analogen und binären Merker und des Prozeßabbildes zusammen.

Bild 7.27 zeigt den Funktionsschaltplan für die Sollwertführung der Erdgasmenge. Das Basissoftwaremodul STAD berechnet aus der Differenz von eingestelltem und vorgegebenem Sollwert die notwenige Verstellung für die Sollwerteinheit des Reglers. Der Istwert (Erdgasmenge) wird durch das Basissoftwaremodul PVLI linear stetig normiert, meßwertkorrigiert, geglättet und auf technologische Sinnfälligkeit überprüft. Durch das Basissoftwaremodul MIWE wird anschließend mit dem normierten Wert der Mittelwert über 1 min gebildet. Des weiteren erfolgt durch das Basissoftwaremodul SWT die Überwachung des normierten Wertes aus PVLI auf Verletzung von Sinnfälligkeitsgrenzen. Bei einer Fehlererkennung wird im Kommunikationsstellenblock das Bit GST gesetzt. Der eingestellte Sollwert des Reglers RLU wird ebenfalls mit PVLI analog der Erdgasmenge primärverarbeitet. Anschließend nimmt das Basissoftwaremodul POLY eine Kurvenapproximation mit Hilfe von Stützstellen vor, da das Rückführpotentiometer nichtlinear ist. Der so korrigierte Rückführwert wird dann im Kommunikationsstellenblock abgelegt. Außerdem wird der Reglerstatus, die Stellung der Schalter „Hand/Automatik" und „Extern/Intern", erfaßt und eingeschrieben. Durch die Basissoftwaremodule UND und UMBI erfolgt eine Verarbeitung in der Art, daß die Stellung „Hand" zum Setzen des Bits HND, die Stellung „Intern" und „Automatik" zum Setzen des Bits AUT und die Stellung „Extern" und „Automatik" zum Setzen des Bits GEF führt.

Bei gestörter autonomer Automatisierungseinrichtung müssen undefinierte Sollwertausgaben an die neun Regler vermieden werden. Dazu wird die Back-up-Steuerung der Basissteuereinheit eingesetzt. Die Arbeitsweise des Rechners, der Master/Slave-Kopplung und der Versorgungsspannungen wird überwacht. Im Fehlerfall werden über Relaisbausteine die Mittelleiter der externen Sollwertverstellung für alle neun Regler aufgetrennt.

Zur Festlegung der Hardwareadresse wird der Moduladressierungs- und -programmierungsplan erstellt. Er wird für jede eingesetzte Baugruppe erarbeitet. Er enthält die Draufsicht auf die jeweilige Baugruppe mit der Lage der Wickelstifte. Bild 7.28 zeigt den Moduladressierungs- und -programmierungsplan für die Analog/Digital-Umsetzer-Baugruppe, auf die Einheitsstromsignale von der konventionellen Anlage aufgeschaltet sind. Mit Hilfe von Steckkötösen und Präzisionswiderständen ist es in der Projektierungsphase möglich, jeden Kanal der Baugruppe entsprechend den Erfordernissen festzulegen.
Die gezeigte Baugruppe belegt die Adressen 0 8 bis 0 F. Kanal 1 arbeitet als Prüfkanal, d. h., mit ihm werden wesentliche Schaltkreise der Baugruppe überwacht und im Fehlerfall ein Blinksignal mit der LED-Anzeige ausgegeben.

Die Stromversorgung wurde mit den geforderten Parametern projektiert. Die Speisung der binären Geber erfolgt aus einem Stromversorgungsmodul 24 V Gs. der Basissteuereinheit. Zur Erhöhung des im Geberkreis fließenden Stromes wurden Kontaktbelastungswiderstände projektiert. Die Ansteuerung der elektronischen Verfahrensregler RLU wird je Gerät abgesichert.

7.4.4. Softwareerarbeitung

Im Rahmen der Erstellung der Software müssen durch den Projektanten folgende Unterlagen erarbeitet werden:

Strukturpläne: Darstellung der Verknüpfungen bestimmter Basismodule für eine entsprechende Verarbeitungsstruktur

Konfigurierungslisten: Ausdruck der generierten Softwaremodule in Form von Verarbeitungsketten, wie sie auf dem Strukturierarbeitsplatz erstellt wurden

Datenblätter: Erläuterung, Beschreibung und Anschlußbedingungen der zum Einsatz gelangten Basissoftwaremodule

Bedienungsanleitung: Anleitungen zur Prozeß- und Systembedienung der Anlage.

Das Programmsystem der autonomen Automatisierungseinrichtung des SM-Ofens weist auf der Grundlage der eingesetzten Hardware (s. Bild 7.24) eine funktionelle Zweiebenenstruktur aus.

Die übergeordnete Ebene verkörpert der Masterrechner. Er realisiert den Prozeßsteueralgorithmus, die Rechnerkopplung zum Prozeßrechner und die Ansteuerung von peripheren Geräten, wie der Tastatur, des Bildschirms und des Seriendruckers.

Die Programmierung erfolgt auf der Grundlage eines Masterbetriebssystems, daß zur Firmware des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow gehört. Die Programme im Masterrechner wurden vom Kunden auf der Grundlage der Benutzungsanleitung des Betriebssystems und der Assemblersprache MAPS K 1520 erstellt.

Die erforderlichen Prozeßinformationen werden über die in das Masterbetriebssystem implementierte Datenübertragung aus der untergeordneten Ebene, dem Slaverechner, entsprechend dem Anwenderverarbeitungsprogrammsystem in den Master geholt. Der Slaverechner enthält nur die Prozeßansteuerung und ist über den Koppelbus mit dem Masterrechner gekoppelt. Die Systembedienung erfolgt im Slaverechner mit dem Kontrollmodul in Verbindung mit einem Tastatur- und Anzeigevorsatz. Zum Datenaustausch hat der Masterrechner die Möglichkeit, auf definierte Bereiche im Slaverechner zuzugreifen. Zu diesen Bereichen

<table>
<tr><td></td><td colspan="5">Binärer Merker</td></tr>
<tr><td>Bit-Nr.</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>0</td><td>AAE betriebsbereit</td><td></td><td rowspan="8">Rahmenfahrplannummer</td><td rowspan="8">Chargenphasen-Nr. (I1)</td><td rowspan="8">Prüfbyte</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Empfehlung Chargierpause</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td>Eingangsgrößenausfall</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Empfehlung Ölmengenregler trennen</td><td>AAE on-line</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Aufforderung AEE trennen</td><td>AAE off-line</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Empfehlung AAE-Steuerung</td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Dunkelsteuerung Ziffernanzeige</td><td>unzulässige Soll-ist-Wert-Abweichung</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Ende Rahmenfahrplan</td><td></td></tr>
</table>

7.29. Übertragungsblock 1 mit den binären Merkern 0 bis 4
AAE autonome Automatisierungseinrichtung

zählen das Prozeßabbild, der Merkerbereich und die Kommunikationsblöcke. Bild 7.29 zeigt den Zugriff auf die binären Merker 0 bis 4, die gemeinsam übertragen werden. Den analogen Prozeßgrößen, die als Istwerte erfaßt werden, ist jeweils ein Kommunikationsblock zugeordnet. Tafel 7.2 gibt eine Übersicht zu den angelegten Kommunikationsblöcken. Für die logischen Verarbeitungsfunkionen (Anzeige, Sollwertauswahl, Betriebsregimeanzeige, Lampenprüfung, Back-up) wurden zwei Pseudokommunikationsblöcke eingeführt. Sie dienen dem Start der Verarbeitungsketten.

Tafel 7.2. Übersicht zu den Kommunikationsblöcken des Slaverechners
KOM Kommunikationsblock

Kommunikations-blocknummer	Bedeutung	Adresse
1001	Erdgasmenge Hauptbrenner	A1ACH
1002	Ölmenge Hauptbrenner	A1D0H
1003	Sekundär-Druckluftmenge Hauptbrenner	A1F4H
1004	Erdgasmenge hinterer Seitenbrenner	A218H
1005	Druckluftmenge hinterer Seitenbrenner	A23CH
1006	Erdgasmenge vorderer Seitenbrenner	A260H
1007	Druckluftmenge vorderer Seitenbrenner	A284H
1008	Windmenge	A2A8H
1009	Herdraumdruck	A2CCH
1010	Gewölbetemperatur	A2F0H
1011	Kammertemperatur links	A314H
1012	Kammertemperatur rechts	A338H
2001	Pseudo-KOM für Verarbeitung	A35CH
2002	Pseudo-KOM für Verarbeitung	A380H

Die Kommunikationsblöcke sind 36 Byte lang. Sie enthalten alle als Tastzeit die Taktzahl 1, d. h., eine entsprechende Aktualisierung (im Kommunikationsblock und in der Verarbeitungskette) erfolgt alle 0,33 s.

Die Abarbeitung einer Verarbeitungskette wurde bereits im Abschn. 7.4.3. erläutert; detailliertere Angaben zum Aufbau und zur Funktionsweise werden im folgenden Abschnitt gemacht.

7.4.5. Strukturierung

Die Erstellung der objektabhängigen Listen erfolgt auf dem Strukturierarbeitsplatz. Es besteht folgende Zielstellung:

- Verkettung der zu einer Kommunikationsstelle gehörenden Basissoftwaremodule (Festlegung der Abarbeitungsreihenfolge)
- signalmäßige Verknüpfung der Ein- und Ausgänge der Basissoftwaremodule untereinander und mit Prozeßabbild, Merker und Kommunikationsblöcken
- Zuweisung von Parameterwerten für jedes Basissoftwaremodul.

Im Rahmen dieser Erläuterung soll nur eine Kommunikationsstelle mit vier Basissoftwaremodulen erklärt werden, damit die entsprechenden Listen nicht zu umfangreich werden. Es ist

die Kommunikationsstelle 1010 Gewölbetemperatur, deren Strukturplan im Bild 7.30 gezeigt wird. Die Prozeßgröße Gewölbetemperatur wird mit Hilfe des Analogeingabemoduls 1 im zweiten Kanal erfaßt und im Prozeßabbild abgelegt. Der Rohwert wird durch das Basissoftwaremodul PVLI primärverarbeitet und durch das Basissoftwaremodul POLY entsprechend korrigiert.

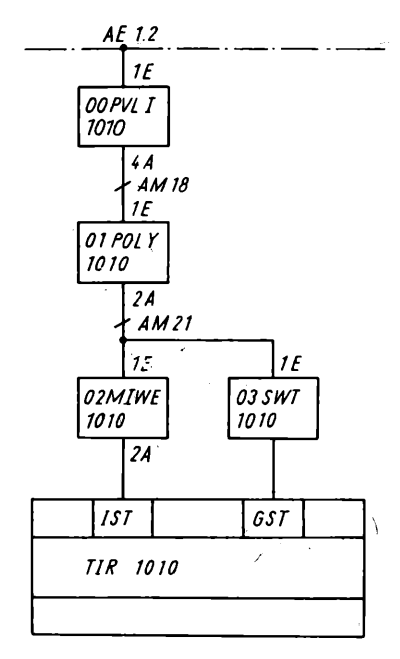


Bild 7.30. Strukturplan Erfassung der Gewölbetemperatur
AE Analogeingabe; PVLI, POLI, MIWE und SWT Basissoftwaremodule; IST Istwert; GST gestört Bit; AM analoge Merker

Die beiden Module arbeiten über den analogen Merker 18 zusammen. Der so entstandene normierte Wert wird durch das Basissoftwaremodul SWT auf Überschreitung von Sinnfälligkeitsgrenzen überwacht. Über den analogen Merker 21 greift das Basissoftwaremodul MIWE auf den Wert zu und bildet den Mittelwert über eine Minute, der dann in die Kommunikationsstelle als Istwert eingetragen wird. Tafel 7.3 zeigt die Generierdaten der Modulaufrufblöcke der Kommunikationsstelle 1010 Gewölbetemperatur. Es sind nur die dokumentierten Daten dargestellt. Die Eingabe erfolgte problemorientiert und rechnerunterstützt am Strukturierarbeitsplatz.

Nach den Kopfdaten des Basissoftwaremoduls folgt der Kennwertsatz. Er ist standardgemäß in die Folge Eingänge-Ausgänge-Parameter gegliedert. Jedes Basissoftwaremodul besitzt seinen charakteristischen Kennwertsatz. Die Spalten ADR und INHALT geben die Speicherplatzadresse und deren Inhalt für jeden Kennwert an.

In der Kommunikationsstelle 1010 sind dann die interne Meßstellennummer, die problemorientierte Meßstellenbezeichnung, die Betriebsartenmaske, der Meßbereichsanfang, das Meßbereichsende mit Dimension und die Tastzeit generiert. Einige Parameter der Kommunikationsstelle werden hier nicht generiert, da sie Informationen für den Pultsteuerrechner enthalten, der nicht eingesetzt ist.

Tafel 7.3. Schematische Modulaufrufblockliste der Kommunikationsstelle 1010 Gewölbetemperatur
ADR Adresse; E Eingang; A Ausgang; P Parameter

	0:PVLI	(Primärverarbeitung mit linearer stetiger Normierung)
	ADR INHALT	
1E	A9D9:8DA0	ADU-Wert vom Prozeßabbild
2E	A9DB:0000	multiplikativer Korrekturwert
3E	A9DD:0000	additiver Korrekturwert
4A	A9DF:4DA1	Ausgang auf analogen Merker 18
5P	A9E1:0000	Glättungskonstante
6P	A9E3:FF7F	Anstiegsgrenze
7P	A9E5:00	Meßbereichsanfang
8P	A9E6:7F	Meßbereichsende
9P	A9E7:FF	Fehlerzähler
	1:POLY	(Kurvenapproximation mit Hilfe von Stützstellen)
	ADR INHALT	
1E	A6CB:4DA1	Eingang vom analogen Merker 18
2A	A6CD:53A1	Ausgang auf analogen Merker 21
3P	A6CF:0000	x- und y-Werte der Stützstellen
4P	A6D1:FD7F	
	. .	
.	.	
16P	A6E9:3373	
	2:MIWE	(gleitende Mittelwertbildung)
	ADR INHALT	
1E	A9CB:53A1	Eingang vom analogen Merker 21
2A	A9CD:04A3	Ausgang zum Istwert
3P	A9CF:B0	Zwischenspeicher
4P	A9D0:BE	Zwischenspeicher
5P	A9D1:00	Wertezähler
6P	A9D2:09	Werteanzahl
7P	A9D3:14	Sumandenzahl im Zwischenspeicher
	3:SWT	(Sinnfälligkeitstest)
	ADR INHALT	
1E	A536:53A1	Eingang vom analogen Merker 21
2P	A538:CDAC	untere Grenze
3P	A53A:3375	obere Grenze
4P	A53C:00	Fehlerzähler
5P	A53D:5A	Anzahl bis zur Störmeldung

7.4.6. Realisierung der Anlage im Stahlwerk

Die Vormontage der autonomen Automatisierungseinrichtung erfolgte im VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow.

Die Baugruppeneinsätze sowie alle elektronischen Baugruppen wurden vor dem Einbau funktionell überprüft. Die Überprüfung der Schrankinnenverdrahtung erfolgte beim Hersteller mit Hilfe des Betriebssystems, in dem bereits die Steuerlisten zur Prozeßeingabe und -ausgabe generiert waren. Die Erprobung und Inbetriebnahme wurden in mehreren Etappen vor-

genommen. Zuerst erfolgte die Kopplung des Slaverechners an den Prozeß. In dieser Phase wurden Korrekturen der Prozeßanschlüsse zum Übergabeverteiler vorgenommen. Die komplexe Analogwerteingabe, Analogwertausgabe und Digitaleingabe und -ausgabe wurden in Betrieb genommen und durchgängig bis zum Meß- und Stellort kontrolliert.

Der Masterrechner enthielt zuerst nur ein Testprogramm, das die Datenübertragung zwischen Master- und Slaverechner realisierte. Zur Anzeige der übertragenen Werte wurde im Masterrechner ebenfalls der Kontrollmodul mit Tastatur- und Anzeigevorsatz eingesetzt. Die Kontrolle der Sollwertvorgabe vom Masterrechner über den Slaverechner zum unstetigen Regler mußte während des Betriebs des SM-Ofens erfolgen. Dabei zeigte die Ziffernanzeige dem Anlagenfahrer im Schmelzerstand den einzustellenden Sollwert zusätzlich an. Durch Eingabe von bestimmten Belegungen im Masterrechner wurde die Funktionsfähigkeit der Steuerung nachgewiesen. Der Masterrechner enthielt zum Nachweis folgende Datenübertragungsarten:

Istwerte aus Kommunikationsstellen lesen
Sollwerte in die Kommunikationsstellen schreiben
Datenblöcke aus Speicherbereichen lesen
Datenblöcke in Speicherbereiche schreiben.

Die komplexen Funktionsproben beinhalteten folgende Arbeitsaufgaben:

- Testung der autonomen Automatisierungseinrichtung im Off-line-Betrieb in Verbindung mit
  dem Prozeßrechnersystem (Rechnerkopplung KRS 4200 mit dem Masterrechner)
  dem Datenausgabegerät
  der Regelungsanlage
  der Steuerungsanlage
- Testung der autonomen Automatisierungseinrichtung im On-line-Betrieb mit den Etappen
  Realisierung der vorgesehenen Rahmenfahrpläne, wobei jeder Rahmenfahrplan an drei Chargen vorgefahren wurde
  Realisierung der freien Fahrweise des Ofens (ohne Einschränkung auf einen Rahmenfahrplan) in 20 Chargen

Tafel 7.4. Prozeßsteueralgorithmus des Masterrechners zur optimalen Wärmesteuerung

START

- Überprüfung der Eingangsgrößen von der konventionellen Regelungs- und Steuerungsanlage und vom Prozeßrechner auf Ausfall
- Setzen von Anfangszuständen
- Prozeßzeiten aktualisieren
- Kammerumstellzeiten ermitteln
- Chargenphase feststellen
- Zwischenspeicherung der Vergangenheitswerte der Umstellzeiten
- Berechnung der Gradienten für rechten und linken Umstellzyklus
- Abarbeitung des Überwachungsalgorithmus der Umstellzeiten
- Setzen von Anfangszuständen im Zyklusintervall
- Berechnung des kumulativen und spezifischen Energieverbrauchs
- Überwachung des Herdraumdrucks und der Gewölbetemperatur
- Überwachung unzulässiger Abweichungen zwischen Soll- und Istwerten der Regelgrößen
- Ermittlung der Sollwerte für die Regelgrößen

STOP

- Schulung und Vorbereitung der Schmelzerkollektive sowie der Wärmeingenieure auf den mikrorechnergeführten Betrieb
- Datenerfassung mit entsprechenden Protokollen zur Auswertung der Versuchschargen.

Der Ofen wurde von der autonomen Automatisierungsanlage entsprechend der Chargiersituation mit erhöhter bzw. reduzierter Wärmebeaufschlagung gefahren. Die Variation erfolgte immer innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte für Ofenraumdruck, Gewölbetemperatur, Kammertemperatur und Windmenge. Tafel 7.4 zeigt den Prozeßsteueralgorithmus in vereinfachter Form, wie er im Masterrechner realisiert wurde.

7.4.7. Nutzeffekte

Die optimale Wärmeführung hat eine Verkürzung der Schmelzzeit zur Folge, da die jeweils unter den technologischen Bedingungen günstigste Wärmebeaufschlagung der Brenner realisiert wird. Diese Verkürzung der Schmelzzeit führt zur Senkung des Brennstoffverbrauchs je Schmelze sowie zur Steigerung der Stahlproduktion des SM-Ofens. Im Rahmen des Probebetriebs und der folgenden Langzeitversuche wurden die Effekte quantitativ nachgewiesen. Der Vergleich erfolgte mit Gewölbehalbreisen, die unter ähnlichen Bedingungen stattfanden. Der Prozeßsteueralgorithmus ist so aufgebaut, daß die autonome Automatisierungsanlage unter Normalbedingungen ein Wärmeangebot von 142 GJ/h realisiert. Wenn die Chagierleistung in der ersten Stunde nach Chargierbeginn größer als 120 t/h ist, wird ein zusätzliches Wärmeangebot über die Hauptbrenner realisiert. Bei Überschreitung der Grenzwerte für die Gewölbetemperatur und Ofenraumdruck wird schrittweise das Erdgasangebot bzw. das Windangebot reduziert. Während der Gewölbehalbreise im Probebetrieb über 50 Chargen sank der spezifische Wärmeverbrauch der Gesamtchargen um 5 % und beim Einschmelzen um 8,6 %. Damit hat sich der Prozeßsteueralgorithmus unter realen Betriebsbedingungen als voll funktionstüchtig erwiesen.

Die Überwachung und Einhaltung der technologischen Grenzwerte der Anlage bewirken eine Erhöhung der Lebensdauer des Ofens. Dazu wurden die Reststärken und Verschleißgeschwindigkeiten ermittelt.

In den Verschleißschwerpunkten (Tür 1, Tür 3) wurden niedrigere Werte ermittelt als bei einer Handfahrweise. Durch den Einsatz der autonomen Automatisierungseinrichtung verbesserten sich die Arbeitsbedingungen im Schmelzerstand wesentlich.

8. Verzeichnis gesetzlicher Grundlagen, Verordnungen und Standards

Das Verzeichnis gibt den Stand vom August 1984 wieder. Verbindlich für die Anwendung ist die jeweils neueste Ausgabe der gesetzlichen Grundlage, Verordnung, Richtlinie bzw. des Standards. Innerhalb der elf Sachgruppen wird eine feste Reihenfolge der Verordnungen eingehalten. Gleichartige Verordnungen werden nach steigender Numerierung aufgelistet, Gesetzblätter nach dem Erscheinungstermin. Um die Suche nach weiteren Richtlinien zu erleichtern, werden für ISO- und IEC-Standards die TC (Technischen Komitees) ausgewiesen. Nach folgender Reihenfolge werden die Verordnungen in den Sachgruppen aufgeführt:

GBl.	Gesetzblatt der DDR
VO	Verordnung zum Gesetzblatt der DDR
DB	Durchführungsbestimmung zum Gesetzblatt der DDR
AO	Anordnung zum Gesetzblatt der DDR
BGBl.	Bundesgesetzblatt der BRD
ABAO	Arbeits- und Brandschutzanordnung
ASAO	Arbeitsschutzanordnung
ASMW	Vorschrift des Amtes für Standardisierung, Meß- und Warenprüfung
TGL	Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen. Standard der DDR
TGL RGW	DDR-Standard, der auf einem RGW-Standard basiert
IEC	Standard der Internationalen Elektrotechnischen Kommission
ISO	Standard der Internationalen Organisation für Standardisierung
ST RGW	Standard des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe
RS RGW	RGW-Standard-Entwurf
GOST	Standard der UdSSR
DIN	Standard der BRD
IEC DIN	IEC-Standard, der auf einem DIN-Standard basiert
DIN IEC	DIN-Standard, der auf einem IEC-Standard basiert
VDI	Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure (BRD)
VDI/VDE	VDI-Richtlinie, die auf einer VDE-Richtlinie basiert
VDE	Richtlinie des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (BRD)
ANS	Nationaler amerikanischer Standard (USA)
NEMA	Standard des Verbandes der Elektroindustrie (USA)
JIS	Japanischer Industriestandard
ISA	Standard der Gerätehersteller Amerikas (USA)
IEEE	Standard des Vereins der Elektro- und Elektronik- Ingenieure (USA)

1. Begriffe, Definitionen, Symbole

TGL 14091	BMSR-Technik; Symbole und Kennzeichnung
TGL 14591	BMSR-Technik; Begriffe und Benennung
TGL 16056	ESKD RGW; Schaltzeichen für Elemente der digitalen Technik
TGL 22500/01	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; System ursamat; Begriffe
TGL 30513/01	Datenverarbeitungseinrichtungen mit EDVA; Begriffe
TGL 32991/01	Automatisierungsanlagen; Übersicht
TGL 32991/02	Automatisierungsanlagen; Begriffe; Symbole
TGL 32991/21	Automatisierungsanlagen; Kennzeichnung
TGL 37534	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; System ursamat; Elektronisches Baugruppensystem URSALOG 4000; Begriffe, Systemeigenschaften
TGL 190-916/01	Elektroenergieerzeugungsanlagen; Automatisierungsanlagen; Qualität, Begriffe
IEC 27-2B TC 24	Buchstabensymbole für den Gebrauch in der Elektrotechnik; Fernmeldewesen und Elektronik

IEC 47 B TC 6	Mikroprozessor-Terminologie
IEC 50 (351) TC 1	Terminologie Steuern und Regeln
IEC 678 TC 45	Definitionen von CAMAC-Begriffen, die in IEC-Publikationen verwendet werden
ST RGW 141-74	ESKD RGW; Grafische Kurzzeichen in elektrischen Schaltplänen; Bezeichnungen, allg. Anwendung
ST RGW 158-75	ESKD RGW; Schaltpläne der Elektrotechnik; Allgemeine Ausführungen an die Ausfüllung
ST RGW 160-75	ESKD RGW; Grafische Kurzzeichen für Kabel und Leitungen der Energieversorgung und der Nachrichtentechnik
ST RGW 527-77	ESKD RGW; Schaltpläne der Elektrotechnik; Klassifikation, Begriffe
ST RGW 1982-79	ESKD; Ausführung von Schaltplänen der digitalen Rechentechnik
ST RGW 3336-81	ESKD; Schaltzeichen für Elemente der Analogtechnik
GOST 12.4.040-73	Symbole der Steuerorgane von Produktionsanlagen
GOST 24.001-82	Einheitliches Standardsystem zum ASU; ALLG
GOST 17194-76	Automatische Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse; DEFI
GOST 23468-79	Mikrorechner; ALLG.
DIN 19226, Teil 1	Regelungs- und Steuerungstechnik; Begriffe, allg. Grundlagen
DIN 19227, Teil 1	Bildzeichen und Kennbuchstaben für Messen, Steuern, Regeln in der Verfahrenstechnik
DIN 43609	Grafische Symbole für Schaltungsunterlagen, analoge Informationsverarbeitung, Schaltzeichen und Kennbuchstaben
DIN IEC 65-84	Messen, Steuern, Regeln in der industriellen Prozeßtechnik; Begriffe
VDI 3550	Einsatzvorbereitung für Prozeßrechnersysteme
VDI/VDE 3541, BL. 1	Steuerungseinrichtungen mit vereinbarter gesicherter Funktion; Einführung, Begriffe, Erklärungen
VDI/VDE 3554	Funktionelle Beschreibung von Prozeßrechner-Betriebssystemen
VDI/VDE 3693	Verteilte Prozeßleitsysteme
ANS X 3.5	Flußdiagrammsymbole und ihre Anwendung in der Informationsverarbeitung
ANS Y 32.2	Schaltzeichen für elektrische und elektronische Schaltbilder
JIS C 0301	Grafische Symbole für elektrische Anlagen und Geräte

2. Einsatzbedingungen

Allgemeine Errichtungsvorschriften

GBl. I, Nr. 59/74	vom 25. 10. 1974 – 1. DB zur Arbeitsschutzverordnung – Überwachungspflichtige Anlagen –
GBl. Sdr. 820	vom 28. 10. 1975 – ABAO 900/1 – Elektrotechnische Anlagen
GBl. I, Nr. 36/77	vom 1. 12. 1977 – Arbeitsschutzverordnung (AVO)
GBl. I, Nr. 6	von 1980 bzw. 3. DB zur ASVO – Schutzgüte bei Import von Arbeitsmitteln und Lizenzen
ABAO 900/1	Elektrotechnische Anlagen (GBl. Sdr. 820; GBl. I 7/77; GBl. I 18/78; GBl. I 29/82)
TGL 200/0601	Allg. Errichtungsvorschriften; elektrotechnische Anlagen.
TGL 10687	Schallschutz
TGL 30001	Gesundheits- und Arbeitsschutz, Brandschutz; Grundbegriffe
TGL 30513/02	Datenverarbeitungseinrichtungen mit EDVA; sicherheitstechnische Forderungen
TGL 32991/03	Automatisierungsanlagen; allg. Forderungen
TGL 32991/04	Automatisierungsanlagen; sicherheitstechnische Forderungen
TGL 32991/05	Automatisierungsanlagen; arbeitshygienische und arbeitsgestalterische Forderungen
TGL 34219	Automatisierungsanlagen; zentrale Prozeßführung gebäudetechnische Anlagen
TGL 37501	Kraftwerksanlagen; gebrauchsbestimmende Hauptkenngrößen
IEC 435 TC 74	Sicherheit von Datenverarbeitungseinrichtungen
IEC 643 TC 45	Einsatz von Digitalrechnern in der Instrumentierung und Steuerung von Kernreaktoren
ST RGW 2696-80	Arbeitsschutz; Arbeitsmittel; allg. Forderungen an Abschirmungen
GOST 12.0.002-74	System von Arbeitsschutzstandards; Definitionen, Terminologie
GOST 12.2.003-74	Produktionsanlagen; allg. Sicherheitsbestimmungen
GOST 12.2.007.0-75	Elektrotechnische Erzeugnisse; allg. Sicherheitsbestimmungen
GOST 12.3.002-75	Produktionsprozesse; allg. Sicherheitsbestimmungen
GOST 16084-75	Automatisches System zur Steuerung technologischer Prozesse; ALLG.

GOST 17195-76	Automatisierte Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse; allg. Bestimmungen, grundlegende Forderungen
GOST 239452-80	Unifizierung von Erzeugnissen; Reihenfolge der Stellung von Forderungen zur Unifizierung und Standardisierung in techn. Aufgaben
IEC DIN 348	Sicherheitsbestimmungen für elektronische Meßgeräte
VDI/VDE 2180, Bl. 3	Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik; Klassifizierung von Sicherungseinrichtungen
VDE 0100	Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

Explosionsschutz und Brandschutz

GBl. I, Nr. 42	vom 5. 8. 1974 – AO zur Gewährleistung des Schlagwetter- und Explosionsschutzes beim Einsatz importierter elektronischer Betriebsmittel
GBl. Sdr. 820	vom 28. 10. 1975 – ABAO 900/1 – Elektrotechnische Anlagen
GBl. I, Nr. 20	vom 21. 5. 1979 – AO Nr. 2 zur Gewährleistung des Schlagwetter- und Explosionsschutzes beim Einsatz importierter elektrotechnischer Betriebsmittel
BGBl. I	vom 27. 2. 1980 – Verordnung über elektrische Anlagen in ex-gefährdeten Räumen (Elex V)
TGL 200-0621	Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
TGL 200-0622	Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten
TGL 10774	Arbeitsräume, Bauhygiene, hygienische und brandschutztechnische Forderungen
TGL 19491/01-11	Schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel
TGL 30000/01	Gesundheits- und Arbeitsschutz, Brandschutz; Klassifizierung der Grundlagenstandards; Struktur und allg. Grundlagen
TGL 30020/01-05	Explosionstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe; Begriffe und Klassifizierung
TGL 30042	Verhütung von Bränden und Explosionen; allg. Festlegungen für Betriebsstätten
TGL 30513/03	Datenverarbeitungseinrichtungen mit EDVA; arbeitsschutz- und brandschutzgerechtes Verhalten
TGL 30535/02	Innerbetrieblicher Transport sowie Umschlag und Lagerung (TUL); arbeitsschutz- und brandschutzgerechtes Verhalten
TGL 32991/04	Automatisierungsanlagen; sicherheitstechnische Forderungen
TGL RGW 778	Elektrotechnik; Schutzgrade, die durch Gehäuse gewährleistet werden; Bezeichnungen, Prüfverfahren
IEC 79-13 TC 31	Schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel; Baukonstruktionen und Nutzung durch Fremdluftüberdruck geschützter Räume oder Gebäude
IEC 364-4-482 TC 64	Wahl von Schutzmaßnahmen als Funktion äußerer Einflüsse. Abschnitt 482: Brandschutz
IEC 529 TC 70	Klassifizierung der durch Kapselung erzielten Schutzgrade
ST RGW 778-77	Elektrotechnik; Schutzgrade, die durch Gehäuse gewährleistet werden; Bezeichnung, Prüfung
ST RGW 3142-81	Explosionsgeschützte elektrotechnische Betriebsmittel; Schutzart „e"; Technische Forderung
ST RGW 3143-81	Explosionsgeschützte elektrotechnische Betriebsmittel; Schutzart „Kapselung mit innerem Überdruck"; Technische Forderung, Prüfung
ST RGW 3143-81	Explosionsgeschützte elektrotechnische Betriebsmittel; Schutzart „eigensichere Stromkreise"; Technische Forderungen, Prüfung
ST RGW 3517-81	Arbeitsschutz; Ex-Schutz; allg. Forderungen.
ST RGW 5440	Explosionsgeschützte elektrotechnische Betriebsmittel; Kapselung; Technische Forderungen
GOST 12.1.004-76	Brandsicherheit; allg. Bedingungen
GOST 12.1.010-76	Explosionsgefahr; allg. Bedingungen
DIN 50014	Elektrische Betriebsmittel für exgefährdete Bereiche; allg. Bestimmungen
DIN 57165	Errichten elektrischer Anlagen in ex-gefährdeten Bereichen
DIN 57166	Elektrische Anlagen und deren Betriebsmittel in explosivgefährdeten Bereichen
VDE 0165	Errichten elektrischer Anlagen in ex-gefährdeten Bereichen
VDE 0166	Elektrische Anlagen und deren Betriebsmittel in explosivgefährdeten Bereichen
VDE 0170	Elektrische Betriebsmittel für ex-gefährdete Bereiche; allg. Bestimmungen

Störbeeinflussung, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

TGL 200-0602	Schutzmaßnahmen in elektrotechnischen Anlagen

TGL 200-0603	Erdung
TGL 200-0605	Kreuzung und Näherung zwischen Informations- und Starkstromanlagen
TGL 200-616	Blitzschutz
TGL 7783	Anschlußstellen für Schutzleiter und Erdungsleitungen
TGL 30044	Blitzschutz; Begriffe; allg. Festlegungen
TGL 30060	Schutz gegen Elektrizität; allg. sicherheitstechnische Forderungen
ST RGW 2308-80	Anschlußstellen für Schutzleiter; technische Forderungen
TGL RGW 778	Schutzgrade, die durch Gehäuse gewährleistet werden
GOST 12.1.006-76	Elektromagnetische Felder; allg. Bedingungen
GOST 12.1.019-79	Strom- und Spannungsschutz; allg. Sicherheitsbestimmungen
DIN 48803	Montagemaße für Blitzschutzanlagen
VDI/VDE 3551	Empfehlungen zur Störsicherheit der Signalübertragung beim Einsatz von Prozeßrechnern
VDE 0185, Teil 1	Blitzschutzanlagen – Allgemeine Richtlinie für das Errichten

Umgebungseinflüsse

GBl. II, Nr. 57/71	vom 10. 6. 1971 – Rechenstationen – ABAO 216
TGL 200-0057/01-06	Elektrische Informations- und Meßtechnik; Stoßfolge- und Schwingungsprüfung
TGL 9198	Umgebungseinflüsse auf technische Erzeugnisse; Klimaeinflußgrößen; Begriffe
TGL 9199	Umgebungseinflüsse auf technische Erzeugnisse; Klimaklassifikation
TGL 9200/01	Umgebungseinflüsse; Klassifizierung von Erzeugnissen; Ausführungsklassen
TGL 9200/03	Umgebungseinflüsse; Klassifizierung von Erzeugnissen; Einsatzklassen
TGL 9203/01	Umgebungseinflüsse auf elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse; Umgebungsprüfungen; allg. Festlegungen
TGL 9203/02	Grundlegende Umgebungsprüfverfahren; Prüfverfahren; Aufstellung von Prüfprogrammen
TGL 9204	Umgebungseinflüsse auf elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse; Prüfung mit niedriger Temperatur
TGL 9205	– ; Prüfung mit hoher Temperatur
TGL 9206/01	– ; Prüfung mit feuchter Wärme, konstante Bedingungen
TGL 9206/02	– ; Prüfung mit feuchter Wärme, zyklische Bedingungen
TGL 9207/01	– ; Prüfung mit Sand und Staub
TGL 9208	– ; Prüfung mit Schimmelpilzen
TGL 9209/01	– ; Prüfung mit Salznebel unter zyklisch wechselnden Bedingungen
TGL 9209/05	– ; Beanspruchung durch korrosive Atmosphäre; Schwefeldioxid-Atmosphäre geringer Konzentration
TGL 9210	– ; Prüfung bei nachgebildeter Sonnenstrahlung
TGL 9211	– ; Prüfung durch Temperaturwechsel
TGL 9215	– ; Prüfung bei niedrigem Luftdruck
TGL 15165	Schutzserie für Berührungs-, Fremdkörper- und Wasserschutz
TGL 22500/03	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; System ursamat; Umgebungsbedingungen
TGL 24859	Schutz gegen klimatische Umgebungseinflüsse für Kabel, Leitungen und Wickeldrähte; Starkstromkabel und Starkstromleitungen
TGL 32603/01	Klima (Lufttemperatur, relative Feuchte, Luftbewegung)
TGL 32991/08	Automatisierungsanlagen; Umgebungseinflüsse
TGL 35986	Umgebungseinflüsse und elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse; Anleitung zur Prüfung mit Schimmelpilzen
TGL 36876	– ; Prüfung mit Schwefeldioxid
IEC 68-2-1 TC 50	Grundlegende Umgebungsprüfungen; Prüfung A: Kälte
IEC 68-2-2 TC 50	– ; Prüfung B: Trockene Wärme
IEC 68-2-3 TC 50	– ; Prüfung Ca: Feuchte Wärme
IEC 68-2-5 TC 50	– ; Prüfung Sa: Nachgebildete Sonnenbestrahlung auf der Erdoberfläche
IEC 68-2-6 TC 50	– ; Prüfung Fc: Schwingung (sinusförmig)
IEC 68-2-7 TC 50	– ; Prüfung Ga: Konstante Beschleunigung
IEC 68-2-9 TC 50	– ; Anleitung für Sonnenbestrahlungsprüfung
IEC 68-2-10 TC 50	Grundlegende Umgebungsbedingungen; Prüfung J: Schimmelbewuchs
IEC 68-2-11 TC 50	– ; Prüfung Ka: Salznebel
IEC 68-2-13 TC 50	Grundlegende Umgebungsprüfungen; Prüfung M: Niedriger Luftdruck
IEC 68-2-14 TC 50	– ; Prüfung N: Temperaturwechsel

IEC 68-2-17 TC 50	Grundlegende Umgebungsprüfverfahren; Prüfung Q: Dichtigkeit
IEC 68-2-29 TC 50	– ; Prüfung Eb: Stoßfolge
IEC 68-2-30 TC 50	Grundlegende Umgebungsbedingungen; Prüfung Db: Feuchte Wärme, zyklisch
IEC 68-2-42 TC 50	Grundlegende Umgebungsprüfverfahren; Prüfung KC: Schwefeldioxidprüfung für Kontakte und Verbindungen
IEC 68-2-43 TC 50	– ; Schwefelwasserstoffprüfung für Kontakte und Verbindungen
IEC 654-1 TC 65	Betriebsbedingungen für BMSR-Ausrüstungen; Teil 1: Temperatur, Feuchte, barometrischer Druck Teil 2: Hilfsenergie
IEC 721-1 TC 75	Klassifizierung der Umweltbedingungen; Teil 1: Umwelteinflußgrößen und Grenzwerte
IEC 721-2-1 TC 75	– ; Teil 2: Umgebungsbedingungen in der Natur; Lufttemperatur und Luftfeuchte
ISO 3511-1 TC 10	Funktion und Instrumente für die Messung und Regelung von industriellen Verfahren; Teil 1: Grundlegende Forderungen
ST RGW 781-77	Elektrotechnische und radioelektronische Erzeugnisse; Prüfung mit Einwirkung äußerer Faktoren; allg. Festlegungen
ST RGW 1341-78	Elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse; Umgebungsprüfungen; Prüfung und Einwirkung von Salznebel
ST RGW 1342-78	– ; – ; Prüfung auf Einwirkung von Industrieatmosphäre
ST RGW 1343-78	– ; – ; Prüfung auf Beanspruchung mit Feuchte bei erhöhter Temperatur; konstante Bedingungen
ST RGW 1344-78	– ; – ; Prüfung auf Einwirkung von Schimmelpilzen
ST RGW 1456-78	– ; – ; Prüfung durch Beanspruchung mit Feuchte bei erhöhter Temperatur; zyklische Bedingungen
ST RGW 1457-78	– ; – ; Prüfung auf Beanspruchung durch niedrigen Luftdruck
ST RGW 1458-78	– ; – ; Prüfung auf Beanspruchung durch Temperaturwechsel
ST RGW 2009-79	Elektrotechnische und radioelektronische Erzeugnisse; Prüfung des Einflusses äußerer Faktoren; Prüfung des Einflusses von Staub mit hoher Konzentration
ST RGW 2010-79	Elektronische und elektrische Erzeugnisse; Umgebungsprüfung; Beanspruchung durch Sonnenstrahlung; Prüfungsverfahren
ST RGW 2727-80	Elektrotechnische und radioelektronische Erzeugnisse; Prüfung auf Einwirkung äußerer Faktoren; Prüfung auf Einwirkung niedriger Temperaturen
ST RGW 3222-81	Elektrotechnische und elektronische Erzeugnisse; Umgebungsprüfungen; Prüfung auf Einwirkung von Schwefelwasserstoff enthaltende Atmosphäre
ST RGW 3688-82	– ; Prüfung auf Einfluß äußerer Faktoren; Prüfung mit sinusförmigen Schwingungen
GOST 15963-79	Elektrotechnische Erzeugnisse für Gebiete mit Tropenklima; ALLG
GOST 17412-72	Elektrotechnische Erzeugnisse für Gebiete mit kaltem Klima
GOST 15543-70	Erzeugnisse der Elektrotechnik; Ausführung für verschiedene Klimazonen; Betriebsbedingungen in bezug auf die Einwirkung äußerer Klimafaktoren
GOST 17516-72	Erzeugnisse der Elektrotechnik; Betriebsbedingungen in bezug auf die äußeren mechanischen Faktoren
GOST 24682-81	– ; Resistenz gegen die Einwirkung spezieller Medien; ALLG
GOST 24683-81	– ; – ; Prüfung und Kontrolle
DIN IEC 654	Einsatzbedingungen für MSR-Einrichtungen in der industriellen Prozeßtechnik; Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftdruck
VDI 3540	Zuverlässigkeit von Meß-, Steuer- und Regelgeräten; Klimaklassen für Geräte und Zubehör
ANS MC 11.1	Klima-Standard für Instrumente
JIS 5020-1975	Prüfung elektronischer Bauelemente; allgemeine Vorschriften für Umgebungsprüfungen
JIS 5021-1975	– ; Kälteprüfung
JIS 5022-1975	– ; Wärmeprüfung mit trockener Wärme
JIS 5023-1975	– ; Heißdampfprüfung, statisch
JIS 5024-1975	– ; Heißdampfprüfung, zyklisch
JIS 5024-1975	– ; Schüttelprüfung
JIS 5029-1975	– ; Unterdruckprüfung
JIS 5030-1975	– ; Temperaturwechselprüfung
JIS 5031-1975	– ; Dichtheitsprüfung

JIS 5035-1975	– ; Festigkeitsprüfung der Anschlüsse
JIS 5037-1975	– ; mechanische Dauerversuche

3. Zuverlässigkeit

TGL 200-0028/01	Zuverlässigkeit von Bauelementen der Elektronik; Begriffe
TGL 22500/06	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; System ursamat; Datenrückmeldungssystem zur Bestimmung der Betriebszuverlässigkeit und anderer Kenngrößen
TGL 26096/01	Zuverlässigkeit in der Technik; Begriffe
TGL 26096/03	– ; Auswahl von Zuverlässigkeitskenngrößen
TGL 26096/04	– ; Rahmenmethodik zur Vorausbestimmung der Zuverlässigkeitskennwerte industrieller Erzeugnisse
TGL 26096/05	– ; Statistische Methoden für Zuverlässigkeitsprüfungen industrieller Erzeugnisse
TGL 26096/09	– ; Sequentielle Prüfpläne; Basis Exponentialverteilung
TGL 32800/02	Elektrotechnik, Elektronik; automatisierte Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse; grundlegende Festlegungen zur Zuverlässigkeit
TGL 32800/06	– ; – ; Zuverlässigkeit
TGL 35087	Organisation der Zuverlässigkeitsarbeit im Industriebereich Elektrotechnik/Elektronik; Grundsätze
IEC 271 TC 56	Zusammenstellung der grundlegenden Termini, der Definitionen und der mathematischen Formeln zur Zuverlässigkeit
IEC 362 TC 56	Anleitung für die Sammlung der Daten für Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltung, die sich aus dem Betrieb von elektronischen Bauelementen und Geräten in der Anwendung ergeben
IEC 409 TC 56	Anleitung zum Einfügen von Zuverlässigkeitsklauseln in Vorschriften für Bauelemente oder Bauteile elektronischer Geräte
ISO 6527 TC 85	Kernkraftwerke; Austausch von Zuverlässigkeitsdaten; allgemeine Richtlinien
ST RGW 292-76	Zuverlässigkeit in der Technik; Termini und Definitionen
ST RGW 2408-80	Universelles internationales System der automatischen Überwachung, Regelung und Steuerung; URS-Erzeugnisse; Zuverlässigkeit; allgemeine Forderungen
ST RGW 2836-80	Zuverlässigkeit in der Technik; Bestimmung der Schätzwerte und Vertrauensgrenzen für Zuverlässigkeitskennwerte
RS RGW 4091-73	Automatisierungsmittel und -geräte; Zuverlässigkeit; allgemeine Bestimmungen; grundlegende Forderungen
GOST 13216-74	Automatisierungsmittel und -geräte des GSP; Zuverlässigkeit; allg. Bestimmungen; grundlegende Forderungen; Prüfung und Kontrolle; Prüfverfahren, Probenahme
GOST 13377-75	Zuverlässigkeit in der Technik; Definitionen; Terminologie
GOST 17472-72	Zuverlässigkeit in der Technik; Prüfungen mit begrenzter Ausfallanzahl
DIN 40041	Zuverlässigkeit in der Technik; Begriffe
DIN 40043	Zuverlässigkeitsangaben für elektrotechnische Einrichtungen
DIN IEC 605	Prüfung der Zuverlässigkeit von Geräten; Teil 1: Allg. Anforderungen
VDI 3540, Bl. 3	Zuverlässigkeit von Meß-, Steuer- und Regelgeräten; Vereinfachte Ermittlung von Ausfalldaten
VDI 3540, Bl. 1	– ; Erfassung von Ausfalldaten
VDI 3553	Erkennung und Ortung von Hardware- und Softwarefehlern in Prozeßrechensystemen
VDI 3558	Projektierung von Prozeßrechnersystemen mit einfacher Redundanz zur Erhöhung der Verfügbarkeit einer Automatisierungsanlage
VDI/VDE 3540, Bl. 1	Zuverlässigkeit von Meß-, Steuer- und Regelgeräten; Erfassung von Ausfalldaten
VDI/VDE 3558	Redundanz zur Erhöhung der Verfügbarkeit in Automatisierungsanlagen
VDI/VDE 3691	Erfassung von Zuverlässigkeitswerten bei Prozeßrechnereinsätzen
ANS N 41.4	Kernkraftwerke; Zuverlässigkeit von Schutzsystemen
JIS 8115-1970	Zuverlässigkeit; Begriffe
ISA RP 55.1	Hardwaretest bei Prozeßrechnern

4. Geräte und Interfaces

TGL 200-0611/01	Geräte und elektronische Anlagen
TGL 13097	Befehlsgeräte, Leucht- oder Kennzeichnung; Anordnung

TGL 19483	Leitungsschutzsicherungen/Geräteschutzsicherungen
TGL 22500/04	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; System ursamat; Standard-Interface für analoge Funktionseinheiten, Geräte und Einrichtungen
TGL 26081	Elektrische Informationstechnik; Datenübertragung über Nachrichtenkanäle; Übertragungsgeschwindigkeiten, Kodes der Datensicherung
TGL 31491/01	Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; System ursamat; Elektrisch-analoge Informationsverarbeitung; Begriffe
TGL 32991/07	Automatisierungsanlagen; Signale; Versorgungsenergie
TGL 32991/12	Automatisierungsanlagen; Einsatz von Geräten
TGL 37271/01	System Mikrorechner; Linieninterface Bus K 1520; Systembus
TGL 42886	Informationsverarbeitungstechnik; Interface für den sternförmigen Anschluß von Geräten mit serieller Informationsübertragung
TGL 42887/01	Elektrische Informationstechnik; Prozeduren der Steuerung in Kommunikationssystemen; Grundlagen
TGL 42887/02	Elektrische Informationstechnik; Prozeduren der zeichenweisen asynchronen Datenübertragung im Unterordnungsbetrieb
TGL 42887/03	– ; Elektrische Informationstechnik; Prozedur zur zeichenweisen synchronen Datenübertragung im Unterordnungsbetrieb
TGL 55008/01	Elektrische Informationstechnik; Schnittstelle zwischen Datenendeinrichtung und Datenübertragungseinrichtung im öffentlichen Datennetz; Definition der Schnittstellenstromkreise
TGL 55008/04	– ; – ; Start-Stop-Betrieb
IEC 38 TC 8	IEC-Nennspannungen
IEC 196 TC 8	IEC-Nennfrequenzen
IEC 381 TC 65	Analogsignale für Prozeßregelsysteme; Teil 1: Gleichstromsignale Teil 2: Gleichspannungssignale
IEC 625 TC 66	Ein Interface-System für programmierbare Meßgeräte (Byte-seriell, Bit-parallel); Teil 1: Funktionsbeschreibungen Teil 2: Kode- und Formatvereinbarungen
IEC 640 TC 45	CAMAC-Interface-System
ST RGW 503-77	Elektronische Meßgeräte; Interface IMS-2
ST RGW 768-77	Universelles internationales System der automatisierten Kontrolle, Regelung und Steuerung (URS); Meßeinrichtungen; technische Forderungen
RS RGW 1376-74	Automatisierungsmittel und -geräte; industrielle Automatik; Definitionen, Terminologie
GOST 8.326-78	Metrologische Gewährleistung der Projektierung, Herstellung und des Einsatzes nichtstandardisierter Meßtechnik; allg. Bedingungen
GOST 26.003-80	Einheitliches Standardsystem des Gerätebaus; Interface-System für Meßeinrichtungen mit Bytefolge- und Bitparallelverkehr; Kompatibilität
GOST 26.014-81	– ; Meß- und Automatisierungsmittel; kodierte elektrische Ein- und Ausgabesignale
GOST 26.016-81	Einheitliches Standardsystem des Gerätebaus; Interfaces; Klassifizierungskriterien; ALLG
GOST 14691-69	Stelleinrichtungen für automatische Regelsysteme; Definitionen, Terminologie
GOST 15115-69	Druckmeßgeräte; Definitionen, Terminologie
GOST 15528-70	Durchfluß- und Mengenmesser für Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe; Definitionen, Terminologie
GOST 23578-79	Datenübertragungssysteme; Interface S1-TCR; TWK
GOST 25007-81	Interface C1 für Datenübertragungsanlagen; TWK
DIN 19240	Messen, Steuern, Regeln; Peripherieschnittstellen elektronischer Steuerungen; Stromversorgung und binäre Schnittstellen
DIN 19241 Teil 1	– ; Bitserielles Prozeßbus-Schnittstellensystem; serielle digitale Schnittstelle (SDS)
DIN 19241 Teil 2	– ; – ; Übertragungsprotokoll und Nachrichtenstruktur
DIN 66221 Teil 3	Bitorientierte Steuerungsverfahren zur Datenübermittlung; HDLC, Klassen der Steuerungsverfahren
DIN 66216	Schnittstellenbeschreibung zwischen Prozeßrechensystem und Prozeß
DIN 66244 Teil 2	Schnittstelle zwischen DEE und DÜE in Datennetzen; synchrone Übertragung und Verbindungssteuerverfahren bei Leitungsvermittlung

DIN 66258 Teil 2	Schnittstellen und Steuerungsverfahren für die Datenübermittlung; erdsymmetrische Schnittstellen und 7-Bit-Code – Steuerungsverfahren bei Start-Stop-Übertragung und Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
DIN 66259 Teil 2	Elektrische Eigenschaften der Schnittstellenleitungen; Doppelstrom, unsymmetrisch, bis 100 Kbit/s
IEC DIN 550 TC 44	Schnittstelle zwischen numerischen Steuerungen und Industriemaschinen
DIN IEC 625-1	IEC-Bus-Norm
DIN IEC 654	Einsatzbedingungen für MSR-Einrichtungen in der industriellen Prozeßtechnik; Energieversorgung
VDI 2880, Bl. 2	Speicherprogrammierte Steuerungsgeräte; Prozeß- und Datenschnittstellen
ANS MC 1.1	Digitalanschlußgeräte für programmierbare Instrumente
ANS X 3.4	Kode für den Informationsaustausch
ANS MC 12.1	Verwendbarkeit von Analogsignalen für elektronische Instrumente in industriellen Prozessen
JIS 0501-1952	Nennstromstärken elektrischer Geräte
IEEE 583	Standardinstrumentierung in Modulbauweise und Digitalanschlußsystem (CAMAC)
IEEE 595	Interfacesystem mit Seriensammelschiene; CAMAC
IEEE 596	Interfacesystem mit paralleler Sammelschiene; CAMAC
IEEE 696	S-100 Bus für 8- und 16-Bit-Prozessoren

5. Warten- und Gefäßtechnik

TGL 25060	Elektrotechnik, Elektronik, Einheitliches Gefäßsystem; Übersicht
TGL 25061/02	– ; – ; allgemeine technische Forderungen
TGL 25066	– ; – ; Steckverbinder, Verteilerleisten, Sortiment, Anwendung
TGL 25068/02	– ; – ; Karteneinschübe, Karteneinsätze; geschützt, geschirmt, Hauptkennwerte, Aufbau
TGL 25068/03	– ; – ; – ; ungeschützt mit Frontplatte, Aufbau, Bauteile
TGL 25068/04	– ; – ; –; geschützt, geschirmt, Bauteile
TGL 25072/01	– ; – ; Kasteneinschübe; Hauptkennwerte, Aufbau
TGL 25074/01	– ; – ; Einschubträger; Hauptkennwerte
TGL 25074/02	– ; – ; – ; Bauteile
TGL 25074/03	– ; – ; – ; Aufbau, Einschubträger A
TGL 25074/04	– ; – ; – ; Aufbau, Einschubträger B
TGL 25076/03	– ; – ; Aufbaugehäuse, Bauform C
TGL 25076/05	– ; – ; Aufbaugehäuse, Bauform E
TGL 29626	– ; – ; Schrank B
TGL 32991/11	Automatisierungsanlagen; Einsatz von Gefäßen
TGL 32991/12	Automatisierungsanlagen; Einsatz von Geräten
TGL 37270	Elektrotechnik, Elektronik; Einheitliches Gefäßsystem 834; Systemeigenschaften, Systemaufbau, Systemmaße
TGL 42618	– ; Gefäßsystem Raster 2,54; Schränke und Gestelle für den Innenraum; Hauptkennwerte, technische Forderungen
IEC 48D (CO) 8	Abmessungen von Einschüben und Gestellen der 482,6-mm-(19-Inch-)-Serie
IEC 130-14 TC 48	Steckverbinder für gedruckte Schaltungen
IEC 297-1 TC 48	Abmessungen von Schränken und Gestellen der 482,6-mm-Bauweise; Teil 2: Schränke und Gestellreihenteilung
IEC 297-2 TC 48	Bauweise für elektronische Einrichtungen; Gestelle
IEC 297-3 TC 48	– ; Steckbaugruppen, Teileinsätze, Kassetten
IEC 516 TC 45	Modulares Instrumentensystem für die Datenverarbeitung; CAMAC-System
IEC 603-1 TC 48	Steckverbinder für gedruckte Schaltungen für Frequenzen unter 3 MHz; Teil 1: Allgemeine Regeln und Anleitung zur Erstellung von Bauartenvorschriften
IEC 668 TC 65	Abmessungen von Schalttafelflächen und Abschnitten für auf Schalttafeln und Gestellen montierte Geräte zur Messung und Steuerung industrieller Prozesse
IEC 797-2 TC 48	Maße der 482,6 mm Bauweise (19 Zoll-Bauweise); Teil 2: Schränke und Gestellreihenteilungen
GOST 26.202-81	Einheitliches Standardsystem des Gerätebaus; Meß- und Automatisierungsmittel; Tafeln und Gestelle; TA
GOST 3244-68	Schalttafeln und -pulte zur Automatisierung von Fertigungsprozessen

GOST 23688-79	Einheitliches Standardsystem des Gerätebaus; Technische Mittel des Gerätebaus; TL PK
ST RGW 834-77	Automatisierungsgeräte und -mittel; Frontplatten und Gestelle; Hauptabmessungen
ST RGW 2366-81	Universelles internationales System der automatischen Kontrolle, Regelung und Steuerung; Typenkonstruktionen; Typen
DIN 40801 Teil 1	Rastermaße
DIN 40801 Teil 2	Leiterplåttendicke
DIN 41494 Teil 1	Bauweise für elektronische Einrichtungen; Gestelle, Frontplatten
DIN 41494 Teil 2	– ; Leiterplattenmaße
DIN 41494 Teil 3	– ; Gehäusestapelung
DIN 41494 Teil 5	– ; Steckbaugruppen, Teileinsätze; Kassette, Baugruppenträger
DIN 41494 Teil 7	– ; Schränke
DIN 41611 Teil 1–6	Anschlußarten
DIN 41612 Teil 1–5	Steckverbinder für gedruckte Schaltungen
DIN 45140	Messen, Steuern, Regeln; Anschlußkennzeichnung von MSR-Geräten
VDI 3546, Bl. 1	Konstruktive Gestaltung von Prozeßleitwarten; allgemeiner Teil
VDI 3546, Bl. 2	– ; Bautechnische Maßnahmen
VDI 3557	Bedienpult für Prozeßrechner in verfahrenstechnischen Anlagen
JIS 0903-1975	Ex-geschützte elektrische Maschinen und Geräte; allg. Konstruktionsrichtlinien
JIS 0905-1975	Ex-geschützte elektrische Maschinen und Geräte; spezielle Konstruktionsrichtlinien
NEMA ICS 6 1978	Gehäuse für industrielle Steuergeräte

6. Mensch-Maschine-Kommunikation

TGL 200-0704	Beleuchtung mit künstlichem Licht; Beleuchtung von Warten
TGL 12468	Anfahr- und Signalordnung für Anlagen zentralgesteuerter technologischer Prozesse
TGL 13097	Taster und Leuchtmelder; Funktionsbezogene Kennzeichnung von Bedien- und Anzeigeelementen
TGL 27035	Elektronische Datenverarbeitung; Sichtgerät
TGL 30108	Funktionsbezogene Kennzeichnung von Betätigungs- und Anzeigeelementen
TGL 30817	Gesundheits- und Arbeitsschutz, Brandschutz; Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen
TGL 31872/01	MSR-Anlagen, Wartenräume und Wartennebenräume; Begriffe, arbeitshygienische, arbeitsgestalterische und bautechnische Forderungen, Prüfungen
TGL 32604/01	Arbeitshygiene; allg. ergonomische Forderungen; Sitzarbeitsplatz
TGL 32991/05	Automatisierungsanlagen; arbeitshygienische und arbeitsgestalterische Forderungen
IEC 73 TC 16	Farbkennzeichnung für Anzeigeleuchten und Drucktaster
ISO 1090 TC 97	Büromaschinen und DV-Anlagen; Symbole auf Funktionstasten von Schreibmaschinen
ISO 1091 TC 97	Schreibmaschinen; Anordnung von Schreibtasten und Funktionstasten
ISO 3244 TC 97	Büromaschinen und DV-Anlagen; Grundsätze zur Anordnung von Steuertasten auf Tastenfeldern
ISO 6385 TC 159	Ergonomische Prinzipien bei der Konzeption von Arbeitssystemen
GOST 12.2.049-80	Produktionsanlagen; allg. ergonometrische Bestimmungen
GOST 14289-69	Elektronische Rechenmaschinen; Ein- und Ausgabegeräte; Lage der Buchstaben, Ziffern und Zeichen auf der Tastatur
GOST 16035-70	Statistische Regelung technologischer Prozesse bei normaler Verteilung der Kontrollparameter; allg. ergonomische Kennziffern, Definitionen, Terminologie
GOST 21752-76	System Mensch – Maschine; allg. ergonometrische Bestimmungen
GOST 21753-76	– ; Steuerhebel; allg. ergonometrische Bestimmungen
GOST 21889-76	– ; Arbeitsplatz des Bedienenden; Anordnung der Elemente des Arbeitsplatzes zueinander; allg. ergonomische Forderungen
GOST 22613-77	– ; Drehschalter; allg. ergonometrischen Forderungen
GOST 22614-77	– ; Knopf- und Tastenschalter; allg. ergonometrische Forderungen
GOST 22615-77	– ; Aus- und Umschalter; allg. ergonometrische Forderungen
GOST 22902-78	– ; anzeigende Geräte; allg. ergonometrische Forderungen
GOST 23000-78	– ; Steuerpulte; allg. ergonometrische Forderungen

GOST 23144-78	– ; Bildröhren zur sichtbaren Darstellung von Informationen
GOST 24330-80	Farbfernsehempfänger; techn.-ökon. Kennziffern
DIN 5035 Teil 1	Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht; Richtlinien
DIN 5035 Teil 2	– ; Richtwerte für Arbeitsstätten
DIN 33402	Körpermaße des Menschen; Teil 1: Begriffe, Meßverfahren Teil 2: Werte
DIN 33408 Teil 1	Körperumrißschablonen; Seitenansicht für Sitzarbeitsplätze
DIN 33413 Teil 1	Ergonomische Gesichtspunkte für Anzeigeeinrichtungen; Arten, Wahrnehmungsaufgaben, Eignung
DIN 33414 Teil 1	Ergonomische Gestaltung von Warten; Begriffe, Maße für Sitzarbeitsplätze
DIN 66234 Teil 1	Bildschirmarbeitsplätze; geometrische Gestaltung von Schriftzeichen
DIN 66234 Teil 2	– ; Wahrnehmbarkeit von Zeichen auf Bildschirmen
DIN 66234 Teil 3	– ; Gruppierung und Formatierung von Daten, Hinweise und Beispiele
DIN 66234 Teil 5	– ; Codierung von Information
DIN 66234 Teil 6	– ; Gestaltung des Arbeitsplatzes; Beispiele
DIN 66234 Teil 7	– ; Gestaltung des Arbeitsraumes, Beleuchtung und Anordnung
VDI/VDE 3695	Prozeßführung über Bildschirm in verfahrenstechnischen Anlagen
JIS 0801-1964	Farbcode für elektronische Bauelemente und Anlagen

7. Software

ST RGW 356-76	Rechner und Datenverarbeitungssysteme; 7-Bit-Codes
ST RGW 358-76	– ; 8-Bit-Codes
ST RGW 1626-79	Einheitliches System der Programmdokumentation; Programme und Programmdokumente; Arten
ST RGW 2088-80	– ; – ; allg. Forderungen
GOST 19.001-77	Einheitliches System der Programmunterlagen
GOST 22558-77	Programmiersprache KOBOL
GOST 23056-78	Programmiersprache FORTRAN
IEC 713 TC 45	CAMAC-Unterprogramme
ISO 6160 TC 97	Programmiersprache PL/1
ISO 1989 TC 97	Programmiersprache COBOL
ISO 1539 TC 97	Programmiersprache FORTRAN
DIN 66027	Programmiersprache FORTRAN
DIN 66253 Teil 2	Informationsverarbeitung; Programmiersprache PEARL
DIN 66255	Aufbau und Inhalt der Programmiersprache PL/1
DIN 66256	Informationsverarbeitung; Programmiersprache PASCAL
DIN IEC 47B (CO) 2_2	Dual Gleitpunkt-Arithmetik für Mikroprozessor-Systeme
VDI 3555	Programmpakete für Meßwertverarbeitung und DDC
VDI 3556	PROZESS-FORTRAN 75, eine Erweiterung von FORTRAN für Prozeßrechner-Anwendungen
VDI 3559	Umfang der Dokumentation von Hardware und Software für Prozeßrechensysteme
ANS X 3.9	Programmiersprache FORTRAN
ANS X 3.23	Programmiersprache COBOL
ANS X 3.27	Programmiersprache APT
ANS X 3.53	Programmiersprache PL/1
ANS X 3.60	Programmiersprache BASIC
ANS X 3.92	Algorithmus für Datenverschlüsselung

8. Investitionsvorbereitung

GBl. II, Nr. 66/65	vom 21. 6. 1965 Anordnung über die Ordnung und Verfahrensweise beim Import von elektronischen Rechen- und Datenverarbeitungsanlagen und Lochkarten
GBl. I, Nr. 32/75	vom 4. 7. 1975 Anordnung über die Ausarbeitung und Anwendung verbindlicher Arbeitsmittel für die Projektierung von BMSR-Anlagen für Investitionsvorhaben
GBl. I, Nr. 23/78	vom 13. 7. 1978 Verordnung über die Vorbereitung von Investitionen
GBl. I, Nr. 23/78	vom 13. 7. 1978 Verordnung über die Planung, Vorbereitung und Durchführung von Folgeinvestitionen
GBl. I, Nr. 13/80	vom 27. 3. 1980 Verordnung über die Durchführung von Investitionen
GBl. I, Nr. 1/80	vom 12. 12. 1979 2. Verordnung über die Vorbereitung von Investitionen
TGL 31284	Ökonomische und technisch-ökonomische Bewertung von Erzeugnissen durch Kostenvergleich; Begriffe, Rahmenmethode, Kostenermittlung

9. Projektierung, Fertigung, Prüfung, Montage, Inbetriebnahme

GBl. Sdr. 741	vom 19. 6. 1972 Anordnung über die Abnahme von Chemieanlagen – Abnahmeordnung
GBl. I, Nr. 12/74	vom 12. 2. 1974 Anordnung über den Import und Export von Anlagen und Erzeugnissen, die einer Zustimmung zur Inbetriebnahme durch Organe der Technischen Überwachung unterliegen
GBl. I, Nr. 1/75	vom 5. 12. 1974 Anordnung über die Preisbildung für Projektierungsleistungen für elektrotechnische und elektronische Anlagen
GBl. I, Nr. 32/75	vom 4. 7. 1975 Anordnung über die Ausarbeitung und Anwendung verbindlicher Arbeitsmittel für die Projektierung von BMSR-Anlagen für Investitionsvorhaben
GBl. I, Nr. 2/80	vom 4. 12. 1979 Anordnung Nr. 2 über die effektive Gestaltung von Baustelleneinrichtungen
GBl. I, Nr. 26/80	vom 18. 7. 1980 Anordnung Nr. 3 über die Anwendung von Normativen für Baustelleneinrichtungen
GBl. I, Nr. 37/83	vom 28. 12. 1983 Verordnung über die Entwicklung und Sicherung der Qualität der Erzeugnisse
GBl. I, Nr. 1/84	vom 6. 7. 1984 Anordnung über die Anwendung von Normativen für Baustelleneinrichtungen
TGL 27-60 500	Stationäre Dampferzeuger; Inbetriebnahme; Richtlinien
TGL 200-0511/02	Elektroinstallationssysteme; Pritschen; Roste und Zubehör
TGL 200-0511/03	–; –; Bahnen und Zubehör
TGL 200-0511/04	–; Haken und Zubehör
TGL 200-0511/05	–; Pritschen; Kabelkanäle
TGL 200-0601/06	–; allg. Errichtungsvorschriften; Kennzeichnen mit Sicherheitszeichen
TGL 200-0612/06	Elektroinstallationsanlagen; Kabel in Informationsanlagen
TGL 200-0612/13	–; allg. technische Forderungen für Kabellegeverfahren
TGL 200-0613	Leitungen in elektrotechnischen Anlagen
TGL 200-0618	Prüfung elektrotechnischer Anlagen
TGL 200-0821/02	Elektroinstallationssysteme; Montage von Pritschen-Installationssystemen; Roste
TGL 200-0821/03	–; –; Bahnen
TGL 200-0821/04	–; –; Haken
TGL 2669/04	Dampfturbinenanlagen, BMSR-Ausrüstungen, Funktionsnachweise
TGL 9200/02	Umgebungseinflüsse; Klassifizierung von Erzeugnissen; Prüfklassen
TGL 12468	Anfahr- und Signalordnung für Anlagen zentralgesteuerter technologischer Prozesse
TGL 22562/02	MSR-Technik; System ursamat; Verarbeitung pneumatisch-digitaler Signale; funktionelle Einheiten mit bewegten Teilen, technische Forderungen, Prüfung
TGL 25061/03	Elektrotechnik, Elektronik; Einheitliches Gefäßsystem EGS; Typprüfung, Abnahmeprüfung
TGL 25063/01	–; –; Prüfung der statischen und dynamischen Festigkeit, Gefäße 1. Ordnung
TGL 25063/02	–; –; Prüfung der statischen und dynamischen Festigkeit, Gefäße 2. Ordnung
TGL 29513	Qualitätssicherung; betriebliche Qualitätssicherung (QSS); Grundsätze
TGL 32991/13	Automatisierungsanlagen; Einsatz elektrischer Kabel und Leitungen
TGL 32991/26	–; Inbetriebsetzungsprüfung
IEC 364-5-56 TC 64	Elektrische Installation von Gebäuden; Teil: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Kapitel: Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke
IEC 534-4 TC 65	Stellventile für industrielle Automatisierung; Teil 4: Abnahme- und Routineprüfungen
IEC 534-6 TC 65	Regelventile für industrielle Prozesse; Teil 6: Befestigungsdetails für Zusatzpositionierer
IEC 744 TC 45	Logische Sicherheitsschaltungen von Kernkraftwerken; Kennwerte und Prüfverfahren
ST RGW 293-76	Statistische Qualitätskontrolle; kontinuierliche Stichprobenpläne für Attributprüfung
ST RGW 548-77	Statistische Abnahmekontrolle nach alternativen Merkmalen
ST RGW 1635-79	URS, Prüfverfahren
ST RGW 2099-80	ESER; Elektrische Rechenmaschinen; Prüfverfahren
ST RGW 3217-81	ESKD; Schaltzeichen für Einrichtungen der Installationstechnik
RS RGW 966-67	Statistische Qualitätskontrolle; Definitionen, Terminologie
GOST 2.117-71	Vereinbarung über den Einsatz gekaufter Erzeugnisse

GOST 14.001-73	Einheitliches System der technologischen Produktionsvorbereitung; ESTPP; ALLG
GOST 14.002-73	–; –; ALLG und Grundforderungen
GOST 14.004-74	–; –; Definitionen, Terminologie; allg. Bestimmungen. DEFI; ALLG
GOST 16.304-70	Steuerung technologischer Prozesse; Kontrolle der Genauigkeit technologischer Prozesse; allg. Forderungen; grundlegende Bestimmungen
GOST 16.306-74	–; –; Bewertung unter den Bedingungen der Einzel- und Kleinserienfertigung
GOST 15467-70	Erzeugnisqualität; Definition, Terminologie
GOST 16504-74	–; Kontrolle und Prüfung; Definitionen, Terminologie
GOST 16949-71	–; statistische Auswertung der Genauigkeit und Stabilität der Qualität bei der Produktionsvorbereitung; Definitionen, Terminologie
GOST 17102-71	–; Klassifikation der Produktion nach Qualität und Art der Fehler; Definitionen, Terminologie
GOST 17341-71	–; Grundbegriffe der Gütekontrolle; Definitionen, Terminologie
GOST 18333-73	–; Prüfung begrenzter Dauer ohne Austausch der ausgefallenen Erzeugnisse
GOST 23536-79	Montage elektronischer Apparaturen und Geräte; Technische Bestimmungen an das Trennen von Montageleitungen und die Befestigung von Kabeladern
GOST 23589-79	Montage elektronischer Apparaturen und Geräte; technische Bestimmungen zur Montage von Verbindungen
GOST 23592-79	–; technische Bestimmungen zur Montage geschützter elektronischer Elemente
GOST 23593-79	–; unter Benutzung biegsamer Matrizen
DIN 41640	Meß- und Prüfverfahren für elektrisch-mechanische Bauelemente
VDI 2880, Bl. 3	Speicherprogrammierbare Steuerungsgeräte; Programmier- und Testeinrichtungen
VDI 3690	Abnahme von Prozeßrechnersystemen
VDI/VDE 3523	Abnahmerichtlinien für Regel- und Steuereinrichtungen von Dampfturbinen
VDI/VDE 3693	Verteilte Prozeßleitsysteme; Prüfliste für den Einsatz
VDE 0891 Teil 6	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Fernmeldeanlagen und Informationsverarbeitungsanlagen; Teil: Außenkabel
ANS N 626.1	Qualifikation und Aufgaben für die berechtigte Betriebsabnahme von Kernkraftwerken
JIS 0904-1973	Elektronische Geräte zur Verwendung in ex-gefährdeter Atmosphäre; Prüfung
JIS 0920-1971	Elektroausrüstungen; Nachweis des Schutzes gegen Eindringen von Wasser
JIS 8364-1979	Sammelschienenanlage für Niederspannung

10. Verpackung, Lagerung, Transport

TGL 200-0859/01	Elektrotechnik und Elektronik; Verpackung; Transportwege und Verpackungsarten
TGL 22562/05	MSR-Technik; System ursamat; Verpackung, Transport, Lagerung funktioneller Einheiten
TGL 24087	Transcontainer; Begriff; Gattungen, Hauptabmessung, technische Forderungen
TGL 26163/02	Verpackungswesen; Verpackungsmittel; Grundbegriffe
TGL 28361/01	Rahmentechnologie für das Verpacken in Transportverpackungen; allg. Grundlagen
TGL 28403	Verpackungswesen; Verpackungsvorschriften; Richtlinien zur Ausarbeitung
TGL 29163/01	–; Terminologie. allg. Begriffe
TGL 29163/03	–; Verpackungsmittel; Grundarten
TGL 29163/06	–; –; Grundbegriffe
TGL 29163/07	–; Verpackungswerkstoffe; Grundarten, Grundformen
TGL 29163/08	–; Verpacken; Grundbegriffe
TGL 30535/01	Innerbetrieblicher Transport sowie Umschlag und Lagerung (TUL); Begriffe, sicherheitstechnische Forderungen
TGL 32991/22	Automatisierungsanlagen; Verpackung, Transport, Lagerung
ISO 329 TC 51	Paletten großer Abmessungen zum Transport von Ladeeinheiten
ISO 445 TC 51	Begriffsfestlegungen bezüglich Paletten
ISO 668 TC 104	Frachtcontainer der Baureihe 1; Einteilung, äußere Abmessungen und Bezugswerte
ISO 1496-1 TC 104	Frachtcontainer der Baureihe 1; Spezifikation und Prüfung; Behälter für allg. Verwendung
TGL 1496-5 TC 104	–; –; Flachcontainer
ISO 1756 TC 110	Paletten – Abmessungen

ISO 3874 TC 104	Frachtcontainer der Baureihe 1; Führung für ihre Handhabung und Feststellung
ISO 4178 TC 122	Versandverpackungen; Warenvertriebs-Erprobungen
ST RGW 317-76	Verpackungsmittel; Mittel für Transport und Lagerung
ST RGW 772-77	Containertransportsystem; Großcontainer der Baureihe 1; Typen, Hauptkennwerte
ST RGW 2472-80	Containertransportsystem; Begriffe und Definitionen
ST RGW 3227-81	Kabel, Leitungen, Schnüre; Kennzeichnung, Verpackung, Transport, Lagerung
ST RGW 3405-81	Elektronische Meßgeräte; allg. Forderungen an die Verpackung, Kennzeichnung, Transport und Lagerung; Prüfung
GOST 15102-75	Universalcontainer
GOST 15150-69	Maschinen, Geräte und andere technische Erzeugnisse; Einsatz in verschiedenen klimatisierten Gebieten; Kategorien, Einsatzbedingungen, Lagerung und Transport unter den Bedingungen der Einwirkung klimatischer Faktoren
GOST 16511-77	Holzkisten für Erzeugnisse der Elektroindustrie
GOST 17527-72	Verpackung, Definitionen, Terminologie; Grundbegriffe
GOST 20071-74	–; Definitionen, Terminologie
GOST 20185-74	Transportverpackungen; Definitionen, Terminologie
GOST 20259-80	Universalcontainer; ALLG
GOST 22637-77	Wellpappkartons für Erzeugnisse der Elektronik
VDI 2490	Verpackung, Transport und Lagerung von Material
VDI 3588	Sicherung von Ladeeinheiten (Palettenladungen) durch Schrumpfen von Kunststoffolien
ANS MH 1.1.2	Transportpaletten; DEFI
ANS MH 1.4.1	Paletten
ANS MH 5.1	Frachtcontainer; ALLG
ANS MH 26.1	Metallcontainer für industrielle Zwecke, technische Daten
JIS 1402-1974	Holzkisten für die Exportverpackung
JIS 1403-1976	Transportbehälter für den Export mit Holzrahmen
JIS 1613-1972	Frachtcontainer für den internationalen Handel; Begriffe
JIS 1618-1975	Stückgutcontainer

11. Instandhaltung, Kundendienst, Schulung

TGL 78-24254	Elektro-Energieerzeugung; Regel- und Meßanlagen an Dampferzeugern; Betrieb, Wartung, Instandhaltung
TGL 150-257/02	Fernwärmeversorgungsanlagen; BMSR-Anlagen für Fernwärmenetze, Betrieb, Instandhaltung
TGL 190-916/02	Elektroenergieerzeugungsanlagen; Automatisierungsanlagen; Qualität; Bestimmung und Nachweis der Gebrauchseigenschaften
TGL 200-0619/08	–; –; Instandhalten
TGL 31575	Informationen zu Reservegrundmitteln und Störreserve
GOST 18322-73	System der Wartung und Reparatur von Technik; Definitionen, Terminologie
GOST 19489-74	–; Prüfung und Kontrolle der Reparaturfähigkeit; allg. Bestimmungen
GOST 20831-75	–; Vorschriften zur Bewertung der Qualität instand gesetzter Erzeugnisse
GOST 23146-78	System der technischen Bedienung und Reparatur der Technik; Auswahl und Darstellung der Merkmale der Reparaturfreundlichkeit; allg. Bestimmungen
GOST 23660-79	–; Gewährleistung der Reparaturfreundlichkeit bei der Entwicklung der Erzeugnisse
DIN 31051	Instandhaltung

Literaturverzeichnis

Abschnitt 1.

[1.1] *Britall, W.:* Meß-, Steuer- und Regeltechnik in der DDR. Wiss. u. Fortschritt 34 (1984) H. 9, S. 226–229

[1.2] *Töpfer, H.; Kriesel, W.* (Hrsg.): Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik – elektrisch, pneumatisch, hydraulisch. 5. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1986

[1.3] ursamat-Handbuch. Hrsg. Institut für Regelungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1969

[1.4] *Brack, G.:* Technik der Automatisierungsgeräte. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1972

[1.5] Gosudarstvennaja sistema promyšlennych priborov sredstv avtomatizacij (Staatliches System industrieller Geräte und Automatisierungsmittel). Moskva: Standartov 1974

[1.6] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Kleinautomatisierung durch Geräte ohne Hilfsenergie. Berlin: VEB Verlag Technik 1976

[1.7] *Gatzmanga, H.:* Einführung in die Betriebsmeßtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1979

[1.8] *Götte, K.; Hart, H.; Jeschke, G.* (Hrsg.): Taschenbuch Betriebsmeßtechnik. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[1.9] *Müller, J.; Müller, R.:* Fortschritte der Stelltechnik für Stoffströme. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 139. Berlin: VEB Verlag Technik 1973

[1.10] *Jugel, A.:* Mikroprozessorsysteme. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1980

[1.11] *Schwarz, W.; Meyer, G.; Eckardt, D.:* Mikrorechner. Wirkungsweise – Programmierung – Applikation. Berlin: VEB Verlag Technik 1980

[1,12] *Roth, M.:* Mikroprozessoren. Wesen – Technologie – Weiterentwicklung – Aufbau – Programmierung – Anwendung. Hrsg. Kammer der Technik. Suhl: KDT-Bezirksverband 1980

[1.13] *Kieser, H.; Meder, M.:* Mikroprozessortechnik. Aufbau und Wirkungsweise. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[1.14] *Kraus, M.; Kutschbach, E.; Woschni, E.:* Handbuch Datenerfassung. Berlin: VEB Verlag Technik 1984

[1.15] *Schuppe, W.; Mörtl, W.:* Mikroprozessoren – Anwendungsprojektierung. Reihe „Berichte zur Nachrichtentechnik", Bd. 12. Hrsg. Institut für Nachrichtentechnik. Berlin: Forschungszentrum des VEB Kombinat Nachrichtenelektronik 1982

[1.16] *Horn, E.; Baumbach, H.-D.:* Software – Technologie für Mikrorechner. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1982

[1.17] *Werner, D.:* Programmierung von Mikrorechnern. Berlin: VEB Verlag Technik 1983

[1.18] *Lampe, B.; Jorke, G.:* Algorithmen der Mikrorechentechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1983

[1.19] *Platz, G.:* Methoden der Softwareentwicklung. München/Wien: Carl Hanser Verlag 1983

[1.20] *Claßen, L.:* Programmierung des Mikroprozessorsystems U 880 – K 1520. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 192. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[1.21] *Warme, G.; Otto, V.; Graffunder, B.:* Mikrorechneranwendung – Gerätetechnik U 880. Reihe „Berichte zur Nachrichtentechnik", Bd. 13. Hrsg.: Institut für Nachrichtentechnik. Berlin: Forschungszentrum des VEB Kombinat Nachrichtenelektronik 1982

[1.22] *Duncan, F. G.:* Mikroprozessor – Software. Entwicklung und Programmierung. München/Wien: Carl Hanser Verlag 1980

[1.23] *Flik, Th.; Liebig, H.:* 16-Bit-Mikroprozessorsysteme. Aufbau, Arbeitsweise, Programmierung. Berlin (West)/Heidelberg/New York: Springer Verlag 1982

[1.24] *Stuhlmüller, P.:* 16-Bit-Generation Z8000. Aufbau und Anwendung. München: te-wi Verlag GmbH 1983

[1.25] *Tholl, H.:* Mikroprozessortechnik. Eine Einführung mit dem M6800-System. Stuttgart: B. G. Teubner 1982

[1.26] *Fritzsch, W.:* Prozeßrechentechnik. Automatisierte Systeme mit Prozeß- und Mikroprozeßrechnern. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[1.27] *Weller, W.:* Anwendung der Mikroelektronik in der Prozeßautomatisierung. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 187. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1980

[1.28] *Birk, H.; Swik, R.:* Mikroprozessoren und Mikrorechner und ihre Anwendung in der Automatisierungstechnik. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1980

[1.29] *Fleck, K.:* Mikrorechner – Automatisierungssysteme – Anwendungserfahrungen. Berlin (West)/Offenbach: VDE-Verlag 1982

[1.30] *Meyer, G.:* Digitale Signalverarbeitung. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[1.31] *Frates, J.; Moldrup, W.:* Computers and life (Rechner und Leben). Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc. 1983

[1.32] *Philippow, E.* (Hrsg.): Taschenbuch Elektrotechnik, Bd. 4. München: Carl Hanser Verlag 1979

[1.33] Taschenbuch Maschinenbau, Bd. 1. Berlin: VEB Verlag Technik 1983

[1.34] VEM-Taschenbuch Automatisierungs- und Elektroenergieanlagen. 3. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1977

[1.35] *Müller, R:* Projektierung von Automatisierungsanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[1.36] *Löber, Ch.; Will, G.:* Mikrorechner in der Meßtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1983

[1.37] *Bretschi, J.:* Intelligente Meßsysteme zur Automatisierung technischer Prozesse. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1979

[1.38] VEM-Handbuch Prozeßsteuerungen. Berlin: VEB Verlag Technik 1985

Abschnitt 2.

[2.1] *Hartmann, K.:* Neue Wege zur optimalen chemischen Anlage. Wiss. u. Fortschritt 26 (1976) H. 4, S. 161–167

[2.2] *Trapeznikov, V. A.:* Automatisierung und Menschheit. Techn. Gemeinschaft 9 (1961) H. 1, S. 1–6

[2.3] *Trapeznikov, V. A.:* Der Mensch im Steuerungssystem. messen steuern regeln 15 (1972) H. 3, S. 94–96

[2.4] *Gluškov, V. M.:* Einführung in die technische Kybernetik. Theoretische Grundlagen der technischen Kybernetik, Bd. 2. Berlin: VEB Verlag Technik 1970

[2.5] *Müller, J.:* Grundlagen der systematischen Heuristik. Berlin: Dietz Verlag 1970

[2.6] *Chestnut, H.:* Prinzipien der Systemplanung. München: Carl Hanser Verlag 1970

[2.7] *Brankamp, K.:* Arbeitshilfen zur systematischen Produktplanung. VDI-Taschenbuch T 79. Düsseldorf: VDI-Verlag 1978

[2.8] *Pleschak, F.; Krejcik, P.:* Automatisierung aus ökonomischer Sicht. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1982

[2.9] Katalog Automation. Teil 2: Projektierungsvorschriften. Hrsg. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

[2.10] *Hartmann, K.:* Nutzung von systemtechnischen Grundlagen bei der Verfahrensentwicklung. Wiss. Z. TH Leuna-Merseburg 18 (1976) H. 2, S. 177–189

[2.11] *Rouscik, L.; Oberländer, K.:* Langfristige Erzeugnis-, Sortiments- und Produktionsentwicklung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1975

[2.12] Avtomatizirovannoe upravlenie processami chimičeskoj technologii (Automatisierte Steuerung von Prozessen der chemischen Technologie). Moskva: Nauka 1981

[2.13] *Backhurst, J.; Harker, J.:* Process plant design (Entwurf verfahrenstechnischer Anlagen). London: Heinemann Ed. books 1973

[2.14] *Schnoerr, R.:* Denken im System. Aspekte zukünftiger Leittechnik. Elektrotechnik 64 (1982) H. 7, S. 16–18

[2.15] *Britall, W.:* Betrachtungen zum Generationswechsel bei Automatisierungsanlagen. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 10 (1972) H. 5, S. 195–201

[2.16] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zum Generationswechsel bei Automatisierungssystemen. Regelungstechn. Praxis 24 (1982) H. 10, S. 336–341

[2.17] *Kliemann, J.:* Prinzipien der Erzeugnissystemgestaltung. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) H. 3, S. 181–186

[2.18] *Frühauf, F.; Seifert, W.:* Software Engineering, Projektabwicklung und Qualitätssicherung. Neue Technik 23 (1981) H. 3, S. 15–17

[2.19] *Munack, A.:* Fortschritte durch digitale Meß- und Automatisierungstechnik. Regelungstechnik 32 (1984) H. 3, S. 71–75

[2.20] Sammlung methodischer Unterlagen zur Prozeßautomatisierung mit Hilfe von Automatisierungsmitteln auf mikroelektronischer Basis. KDT-Richtlinie 098/84

[2.21] *Schuart, L.:* Zur wissenschaftlichen Durchdringung der Projektierung von Chemieanlagen. Diss. B, Techn. Hochschule Magdeburg 1977

[2.22] *Pelipenko, V. F.; Utevskij, M. B.:* Informacionnoe obespečenie ASU (Informationelle Versorgung der ASU). Moskva: Vyšejšaja škola 1983

[2.23] *Williams, T. J.:* Vorschlag zur Standardisierung von Prozeßrechenanlagen. messen steuern regeln 14 (1971) H. 10, S. 372–377

[2.24] *Malyj, S. A.:* Optimal'noe proektirovanie sistemy technologiczeskij kompleks ASU TP (Optimale Projektierung automatisierter Steuerungssysteme ASU TP). Avtomat. i telemech. 39 (1977) H. 11, S. 184–196

[2.25] *Schindler, M.:* Software wartet auf Revolutionierung. Elektronik 31 (1982) H. 13, S. 89–93

[2.26] *Töpfer, H.:* Zur Entwicklung der Automatisierungstechnik. Elektrie 38 (1984) H. 4, S. 133–137

[2.27] *Brack, G.:* Kontinuität und Wandel der Automatisierungstechnik in der Chemieindustrie unter dem Einfluß der Mikroelektronik. Chem. Technik 35 (1983) H. 7, S. 333–338

[2.28] *Tenchio, G.:* Problematik und Tendenzen der Standardisierung von Peripherie-Schnittstellen. Neue Technik 21 (1979) H. 5, S. 21–27

[2.29] *Büsing, W.:* Digitale Prozeßleitsysteme: Welche Schnittstelle ist aus der Sicht des Anwenders normungswert? Regelungstechn. Praxis 25 (1983) H. 3, S. 92–95

[2.30] *Färber, G.:* Mikroelektronik – Entwicklungstendenzen und Auswirkungen auf die Automatisierungstechnik. Regelungstechn. Praxis 24 (1982) H. 10, S. 326–336

[2.31] *Engels, F.:* Brief an W. Borgius in Breslau. In *Marx/Engels:* Werke Band 39, S. 205. Berlin: Dietz-Verlag 1962

[2.32] *Anders, H.-D.; Schilar, H.; Schwarz, K.:* Zum Bewertungsproblem im Sozialismus. Berlin: Akademie-Verlag 1974

[2.33] *Werner, G. W.:* Aufwand und Nutzen der Automatisierung von Fließprozessen. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK Bd. 154. Berlin: VEB Verlag Technik 1974

[2.34] Kliemann, J.: Zur Bewertung des Automatisierungsaufwandes. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 15 (1977) H. 4, S. 215–218

[2.35] *Czerwinski, H.; Hoffmann, R.; Seidel, K.:* Der Preis als Spiegelbild der Qualität des Investitionsprozesses. Chem. Technik 30 (1975) H. 1, S. 41–43

[2.36] *Kliemann, J.:* Ökonomische Bewertung von Automatisierungsanlagen – Tendenzen und Erfordernisse. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) H. 2, S. 111–115

Abschnitt 3.

[3.1] *Faggin, F.:* The future of microelectronics (Die Zukunft der Mikroelektronik). World Electronical Congress Moscow 1977. Paper 00/01

[3.2] *Becker, H.:* Hochintegrierte Halbleiter-Bausteine – Merkmale, Anwendungen und Prognosen. VDI-Z 119 (1977) H. 6, S. 287–295

[3.3] *Ataev, O. A.; Komjagin, A. F.:* Avtomatizacija proizvodstvennych processor i ASUTP (Automatisierung der Produktionsprozesse und ASUTP). Nedra 1983

[3.4] *Hilberg, W.:* Grundprobleme der Mikroelektronik – Einführung in die technischen und wirtschaftlichen Entwicklungsgesetze der Großintegration (VLSI). München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1982

[3.5] *Ankel, Th.; Pavlik, E.:* Regelungstechnik am Wendepunkt. Regelungstechnik 27 (1979) H. 1, S. 3–11

[3.6] Mini- i mikro-EVM v upravlenii promyšlennymi ob'ektami (Mini- und Mikrorechner in der Steuerung von Industrieobjekten). Moskva: Mašinostroenie 1982

[3.7] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Automatisierungstechnik – Gegenwart und Zukunft. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 200. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[3.8] *Prickett, M. J.:* Microprocessors for control and instrumentation: Limitation and progress (Mikroprozessor für die Regelung und die Instrumentierung: Einschränkung und Fortschritt). Instrum. Technol. 30 (1983) H. 3, S. 61–64

[3.9] *Syrbe, M.; Will, B.* (Hrsg.): Automatisierungstechnik im Wandel durch Mikroprozessoren, INTERKAMA-Kongress 1977. Berlin (West)/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1977

[3.10] *Töpfer, H.:* INTERKAMA 1983. messen steuern regeln 27 (1984) H. 5, S. 227–229

[3.11] *Töpfer, H.; Fuchs, H.; Willem, H.:* Moderne gerätetechnische Mittel und ihre Konsequenzen für neue Automatisierungskonzepte. messen steuern regeln 23 (1980) H. 1, S. 2–10

[3.12] *Pilz, S.:* Betrachtungen zur Anwendung der Mikroelektronik in der Automatisierungstechnik. messen steuern regeln 23 (1980) H. 5, S. 278–281

[3.13] *Richter, W.; Kriesel, W.:* Zur künftigen Applikation der Mikroelektronik in der Automatisierungstechnik. Nachrichtentechnik – Elektronik 32 (1982) H. 10, S. 412–415

[3.14] *Färber, G.:* Mikroelektronik – Entwicklungstendenzen und Auswirkungen auf die Automatisierungstechnik. Regelungstechn. Praxis 24 (1982) H. 10, S. 326–336

[3.15] *Fuchs, H.; Bahrs, U.:* Bemerkungen zur Entwicklung der Automatisierungstechnik. messen steuern regeln 25 (1982) H. 1, S. 2–7

[3.16] *Töpfer, H.; Willem, H.; Fuchs, H.:* Zum Stand der Anwendung moderner Automatisierungsmittel. messen steuern regeln 27 (1984) H. 1, S. 2–7

[3.17] *Trapeznikov, V. A.:* O nekotorych perspektivach v razvitii upravljajuščich sistem (Über einige Entwicklungsperspektiven automatisierter Systeme). Avtomat. i telemech. 43 (1981) H. 7, S. 7–14

[3.18] Proektirovanie mikroprocessornych izmeritel'nych priborov i sistem (Projektierung von Mikroprozessor-Meßgeräten und Systemen). Technika 1984

[3.19] *Schädler, U.; Grosse, R.; Hörig, H.-J.:* Mikroprozessoren und Mikrorechner und ihre Anwendung in der Automatisierungstechnik. Wiss. Z. Techn. Hochsch. Carl Schorlemmer Leuna-Merseburg 20 (1978) H. 9, S. 333–349

[3.20] *Kliemann, J.:* Aspekte der perspektivischen Entwicklung der Automatisierungstechnik. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 17 (1979) H. 3, S. 151–174

[3.21] *Krigman, A.:* Distributed control: It isn't just big (Dezentrale Regelung: Sie ist noch zu übertreffen). Instrum. Technol. 28 (1981) H. 4, S. 9–12

[3.22] *Urbach, W.:* Einflüsse der Mikroelektronik auf die Meß- und Automatisierungstechnik. Regelungstechn. Praxis 25 (1983) H. 10, S. 397–399

[3.23] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zum Generationswechsel bei Automatisierungssystemen. Regelungstechn. Praxis 24 (1982) H. 10, S. 336–341

[3.24] *Fuchs, H.; Plöckinger, W.:* Weiterentwicklung des Systems ursamat unter dem Einfluß der Mikroelektronik. messen steuern regeln 21 (1981) H. 4, S. 211–216

[3.25] DPCS-Report '83 – Marktübersicht über Regelungs- und Steuersysteme – Hrsg. Gesellschaft für Systementwicklung und Informationsverarbeitung mbH. Köln 1983

[3.26] *Kriesel, W.:* Stand und Tendenzen des Einsatzes der Mikrorechentechnik in Automatisierungsanlagen. Elektrie 38 (1984) H. 2, S. 45–49

[3.27] *Töpfer, H.:* Zur Entwicklung der Automatisierungstechnik. Elektrie 38 (1984) H. 4, S. 133–137

[3.28] *Gurth, R.; Schob, D.; Wätzel, J.:* Das Bedienpult im Automatisierungssystem für verfahrenstechnische Anlagen. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 1, S. 10–14

[3.29] *Schütze, W.; Mühle, E.; Oltmann, B.:* Die Basiseinheit als Einrichtung zur Meßwerterfassung und Regelung im Automatisierungssystem für verfahrenstechnische Anlagen. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 1, S. 6–10

[3.30] *Sawatzky, J.; Janka, L.:* Die Reserve – Basiseinheit im Automatisierungssystem audatec für verfahrenstechnische Anlagen. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 4, S. 144–147

[3.31] *Geike, E.; Künzel, W.:* Bedientastatur und Anschlußsteuerung für den Mikrorechner K1520. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 2, S. 70–73

[3.32] *Beutler, L.:* Ansteuereinheit für ein quasigrafisches Farbdisplay. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 2, S. 73–76

[3.33] *Müller, W.-R.:* Softwarerealisierung eines freiprogrammierbaren Mikrorechnerreglers. messen steuern regeln 24 (1981) H. 12, S. 694–698

[3.34] *Schmidt, P.:* Zur universellen Anwendung der Mikroprozessorregler- und Einfachmikrorechnerlinie ursamar5000. Impuls 23 (1983) H. 3, S. 99–104

[3.35] Mikroprozessorregeleinrichtung ursamar5001. Firmenschrift. Hrsg. VEB Wetron Weida 1984

[3.36] *Böhme, W.:* Technische Trends der Mikroelektronik – Informationstechnik. Chemie-Ing.-Techn. 56 (1984), H. 3, S. A110–A118

[3.37] *Hardt, H.:* Meßtechnik im Umbruch – Einfluß der Mikroelektronik auf die Meßtechnik. Nachrichtentechnik – Elektronik 33 (1983) H. 1, S. 4–8

[3.38] Absolutdruckwandler. Firmenschrift. Hrsg. Kombinat Automatisierungsanlagenbau. Ausgabe: 1/1984

[3.39] *Balzer, D.; Böhme, B.; Dehner, R.; Schwarz, W.:* Bildschirmterminal verbessert Prozeßführung. messen steuern regeln 25 (1984) H. 7, S. 401–402

[3.40] *Cakir, A.:* Bildschirmterminal als Kommunikationsmittel. messen + prüfen/automatik 19 (1983) H. 3, S. 116–118

[3.41] *Grimm, R.:* Zur ergonomischen Gestaltung der Mensch-Prozeß-Schnittstelle: Prozeßbeobachtung und Prozeßbedienung. Regelungstechn. Praxis 26 (1984) H. 4, S. 153–160

[3.42] *Melzer, W.:* Bildschirmarbeitsplätze – Hinweise zur Gestaltung. Beiträge zur Arbeitsumweltgestaltung, H. 2. Hrsg. Amt für industrielle Formgestaltung und VEB Designprojekt Dresden 1984

[3.43] *Obrazcova, R. I.:* Vzaimodejstvie čeloveka i EVM v ASU (Mensch-Maschine-System in ASU). Moskva: Radio i svjas' 1983

[3.44] *Eason, K. D.:* Dialogue design implication of task allocation between man and computer (Dialoggestaltung zwischen Mensch und Rechner). Ergonomics 23 (1980) H. 9, S. 881–891

[3.45] *Chapanis, A.:* Quo vadis, ergonomia? (Wohin geht die Ergonomie?). Elektronik 22 (1979) H. 6, S. 595–605

[3.46] *Buhmann, K.:* Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze im Bürobereich. messen + prüfen/automatik 19 (1983) H. 3, S. 125–127 u. 134

[3.47] *Schreiber, E.:* Anwendung der Arbeitsklassifizierung bei Arbeitsaufgaben mit Bildschirmtechnik. Soz. Arbeitswiss. 28 (1984) H. 3, S. 161–172

[3.48] Psychologische Aspekte der Bildschirmarbeit. Leipzig: Ambrosius Barth 1983

[3.49] *Bergmann, J.:* Projektierung anforderungsgerechter Prozeßwarten für verfahrenstechnische Anlagen. messen steuern regeln 26 (1983) H. 4, S. 182–185

[3.50] *Klebert, G.; Oberländer, R.; Tuchel, L.:* Explosionsgeschützter Feldmultiplexer im Prozeßleitsystem TELEPERM M. Siemens-Energietechnik 5 (1983) H. 5, S. 274–275

[3.51] Multiplexer. Katalog Industrieautomation. Hrsg. Philips GmbH Kassel 1983/84

[3.52] *Bennewitz, W.; Brauer, Th.; Müller, R.:* Konzeption einer „intelligenten" Stelleinrichtung. messen steuern regeln 25 (1982) H. 5, S. 257–260

[3.53] *Grecksch, R.:* Zielstellung und Aufgaben bei der Einführung der Mikroelektronik in die Erzeugnisse des Armaturenbaus der DDR. Vortrag d. VI. Wiss. Konferenz Anlagenautomatisierung in Leipzig. Wiss. Ber. TH Leipzig (1983) H. 1, S. 90–93

[3.54] *Kriesel, W.; Telschow, D.:* Mehrkanal-Mikroprozessorregler in direkter Kopplung mit Stelleinrichtungen. messen steuern regeln 26 (1983) H. 4, S. 206–208

[3.55] *Grecksch, R.; Telschow, D.:* Ansteuereinheit zur Kopplung von Mikrorechnerreglern mit Stelleinrichtungen zur Stoffstrombeeinflussung. Wiss. Z. TH Magdeburg 25 (1981) H. 4, S. 104–107

[3.56] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zur funktionellen und strukturellen Weiterentwicklung der Automatisierungsanlagentechnik. messen steuern regeln 24 (1981) H. 4, S. 183–188

[3.57] *Fritzsch, W.:* Prozeßrechentechnik – Automatisierte Systeme mit Prozeß- und Mikroprozeßrechnern. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[3.58] Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i pribory avtomatiki (Automatisierungssysteme und Automatisierungsgeräte). Kiev: Technika 1982

[3.59] Avtomatizirovannye sistemy upravlenija technologičeskimi processami (Automatisierte Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse). Kiev: Technika 1983

[3.60] *Williams, T. J.:* Hierarchical control for large scale systems – a survey (Hierarchische Regelung für große Systeme – Ein Überblick. 7. IFAC-Weltkongreß, Helsinki 1978. Paper 1393

[3.61] *Borsi, L.; Pavlik, E.:* Konzepte und Strukturen dezentraler Prozeßautomatisierungssysteme. Regelungstechn. Praxis 22 (1980) H. 9, S. 302–309

[3.62] *Bennewitz, W.:* Topologie von Automatisierungsanlagen mit verteilten Mikroprozeßrechnern. messen steuern regeln 24 (1981) H. 4, S. 191–193

[3.63] *Franke, H.:* Zum Einfluß des Mikrorechnereinsatzes auf Automatisierungsstrukturen und Ausführungsprojektierung. Diss. A, TU Dresden 1982

[3.64] *Fürchtenicht, H. W.; Koolmann, M.:* Sind Automatisierungssysteme allein nach Prozeßanforderungen strukturierbar? VDI-Bericht 431: Aussprachetag Prozeßrechner (PRAT 1982), S. 55–58

[3.65] *Quietzsch, G.:* Bemerkungen zu Strukturen digitaler Automatisierungssysteme. Regelungstechn. Praxis 25 (1983) H. 10, S. 416–422

[3.66] *Best, R.:* Mikrorechner im Ex-Bereich. Regelungstechn. Praxis 23 (1981) H. 5, S. 164–170

[3.67] *Michailoff, M.; Göpel, K.:* Perspektiven der optoelektronischen Meßtechnik für den Automatisierungsanlagenbau. VEM-Elektro-Anlagenbau 16 (1980) H. 4, S. 179–182

[3.68] *Fuchs, H.; Göpel, K.:* Lichtleitertechnik in der Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1984

[3.69] *Sauer, A.; Witte, H. H.:* Einsatz eines Lichtwellenleiter-Bussystems in einer verteilten Multimikrocomputerstruktur. Siemens FuE-Berichte 9 (1980) H. 1, S. 32–37

[3.70] *Glaser, W.:* Lichtleitertechnik – Eine Einführung. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[3.71] *Eppes, T. A.; Bowen, J. H:* Fiberoptische Übertragungselemente. Ing. Dig. 20 (1981) H. 5, S. 63–66

[3.72] *Weller, W.:* Zur Anwendung der Lichtleitertechnik in Automatisierungssystemen. messen steuern regeln 24 (1981) H. 7, S. 365–369

[3.73] *Göpel, K.; Förster, G.:* Dämpfungsmeßgerät für Lichtleitungsübertragung in Automatisierungsanlagen. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 3, S. 108–110

[3.74] *Teodorescu, D.:* Lichleiterfaser – die moderne Alternative zur Datenübertragung. messen + prüfen/automatik 19 (1983) H. 6, S. 336–341

[3.75] *Popp, W.:* Lichtwellenleitertechnik in der Praxis der Prozeßdatenkommunikation, Teil 1. Regelungstechn. Praxis 25 (1983) H. 4, S. 141–146

[3.76] *Popp, W.:* Lichtwellenleitertechnik in der Praxis der Prozeßdatenkommunikation, Teil 2. Regelungstechn. Praxis 25 (1983) H. 5, S. 192–197

[3.77] *Kriesel, W.:* Automatisierungssysteme auf Mikro- und Optoelektronikbasis sowie mit intelligenten Geräten. Wiss. Berichte TH Leipzig (1983) H. 1, S. 35–37

[3.78] *Krohn, D.:* Fiber optics: New sensors for old problems (Lichtleiter: Neue Sensoren für alte Probleme). Instrum. Technol. 30 (1983) H. 5, S. 57–60

[3.79] *Eißler, W.:* Optoelektronische Fasersensoren für die Automatisierung. messen + prüfen/automatik 19 (1983) H. 12, S. 742–744

[3.80] *Degenscharf, E.:* Integration optischer und elektronischer Komponenten. Elektronik 31 (1982) H. 17, S. 18

[3.81] *Bretschi, J.:* Intelligente Meßsysteme zur Automatisierung technischer Prozesse – Grundlagen, Möglichkeiten, Grenzen. München: R. Oldenbourg Verlag 1979

[3.82] *Poser, P.; Blackert, L.; Seiler, E.:* Mikrorechner in Automatisierungsanlagen – Geräte und Einrichtungen. KDT-Schriftenreihe „Automatisierungstechnik", H. 1. Hrsg. VEB Geräte- und Regler- Werke Teltow 1979

[3.83] *Reuber, C.:* Intelligente Sensorik. messen + prüfen/automatik 18 (1982) H. 7/8, S. 438–440

[3.84] *Munack, A.:* Fortschritte durch digitale Meß- und Automatisierungstechnik. Regelungstechnik 32 (1984) H. 3, S. 71–75

[3.85] *Isermann, R.:* Einsatz von Mikrorechnern in der Regelungstechnik. Elektronik 29 (1980) H. 6, S. 79–84

[3.86] Primenenie mikroprocessornoj techniki, Vyp. 3 i 4 (Anwendung der Mikroprozessortechnik, Ausg. 3 u. 4). Moskva: Meždunar. centr nauč. i techn. informacii 1984

[3.87] *Müller, G.:* Digitaler Mehrkanalregler für Zweigrößenregelung mit Entkopplungsreglern vom PID-Typ. messen steuern regeln 25 (1982) H. 7, S. 386–390

[3.88] *Biedermann, D.:* Dezentralisierung eines stabilisierenden Mehrgrößenreglers. messen steuern regeln 26 (1983) H. 2, S. 82–85

[3.89] VEM-Handbuch Prozeßsteuerungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1985

[3.90] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik, elektrisch – pneumatisch – hydraulisch. 5. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1986

[3.91] *Ivainsky, A.:* Probleme der Kommunikation in dezentralen Systemen für die Prozeßautomatisierung. messen steuern regeln 26 (1983) H. 9, S. 487–491

[3.92] Autorenkollektiv: Anwendung von mikrorechnerorientierten Einrichtungen – Prozeßleittechnik. KDT-Schriftenreihe „Automatisierungstechnik", H. 5. Hrsg. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 1980

[3.93] *Barge, W.; Haak, L.:* Gradientenüberwachung mit Mikrorechner in einem Wärmekraftwerk. Wis.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 5, S. 201–207

[3.94] *Müller, G.; Hesse, R.; Schönemann, R.:* Kleinverbundanlage des Systems audatec am Beispiel der Automatisierung einer Luftzerlegungsanlage. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 2, S. 67–74

[3.95] *Glöckner, B.; Laube, R.; Naumann, W.:* Erfahrungen beim Einsatz von Mikrorechnern

zur Steuerung des Straßenverkehrs. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 2, S. 79–82

[3.96] *Müller, G.:* Einsatz einer autonomen Automatisierungseinrichtung des Systems audatec an Siemens-Martin-Öfen. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 3, S. 109–111

[3.97] *Würdisch, H.-W.; Götze, R.; Müller, M.:* Automatisierung einer Anlage zur Futterhefegewinnung. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 6, S. 272–277

[3.98] *Fuchs, H.:* Einsatzerfahrungen mit ursatron5000 – einem neuen Automatisierungsgerätesystem auf der Basis von Mikrorechnern im System ursamat. Impuls 24 (1984) H. 1, S. 10–16

[3.99] *Welzel, H.:* Das mikroelektronische Automatisierungssystem audatec – Aufbau, Funktion, Anwendung. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 4, S. 146–152

[3.100] *Ehlert, H.-H.; Drutkowski, D.; Würdisch, H.:* GAA 5000 – Ein neues System von Gebäudeautomatisierungsanlagen. messen steuern regeln 25 (1982) H. 1, S. 7–13

[3.101] Katalog Automation. Teil 1: Bauteile, Teil 2: Projektierungsvorschriften, Teil 3: Software. Hrsg. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

[3.102] *Müller-Zahn, K.-H.:* Die Einrichtungen des Automatisierungssystems audatec für verfahrenstechnische Anlagen. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 4, S. 138–144

[3.103] *Jennes, H.; Müller-Zahn, K.-H.:* Automatisierung der Erdölfeuerung mit dem erweiterten System audatec. Techn. Inf. KAAB u. KEA 20 (1984) H. 1, S. 1–3

[3.104] *Hartmann, H.-U.; Tobian, T.; Spietschka, B.:* Automatisierung einer petrolchemischen Anlage mit dem neuen Automatisierungssystem. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 1, S. 3–6 u. 14–18

[3.105] *Sadowski, H.: Sawatzky, J.:* Das neue Automatisierungssystem für verfahrenstechnische Anlagen. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 1, S. 3–6

[3.106] *Bennewitz, W.; Kluge, J.; Seiferth, J.:* Anforderungen aus der Kraftwerksautomatisierung an Automatisierungseinrichtungen auf der Basis Mikroelektronik/Mikrorechentechnik. messen steuern regeln 24 (1981) H. 8, S. 438–442

[3.107] *Hanssen, D.:* Einsatz von Bildschirmeinheiten im Prozeßrechnersystem des Kraftwerks Jänschwalde. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 2, S. 60–63

[3.108] *Kapsch, G.; Mann, K.-H.:* Einsatz eines mikroelektronischen Steuerungssystems im Kraftwerk Jänschwalde. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 3, S. 104–105

[3.109] *Schulze, J.:* Automatisierungssystem audatec im Heizkraftwerk Karl-Marx-Stadt Nord II.Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 3, S. 98–101

[3.110] *Anhorn, H., Seiferth, I.:* Meßwertaufbereitung beim Einsatz eines rechnergestützten Informationssystems in konventionellen Kraftwerken. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 3, S. 112–115

[3.111] *Brandt, W.:* Leistungsfähige Mikroelektronik in kontinuierlichen Warmwalzwerken. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 2, S. 75–79

[3.112] *Frank, G.; Krause, W.; Schumann, B.; Zemmrich, E.:* Chargenverfolgung mit Mikrorechner in einem Walzwerk. messen steuern regeln 25 (1982) H. 7, S. 390–394

[3.113] *Krause, J.:* Rechnergestützte Automatisierung in Warmwalzwerken und Zementanlagen mit dem System audatec. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 5, S. 194–199

[3.114] *Strzedla, K.; Sajkiewiez, I.; Dumikowski, A.:* Tagebautechnik, Bd. 1. Leipzig: Verlag für Grundstoffindustrie 1979

Abschnitt 4.

[4.1] *Tornau, F.:* VEM-Handbuch Elektrische Störbeeinflussung in Automatisierungs- und Datenverarbeitungsanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1973

[4.2] *Fleck, K.:* Schutz elektrischer Systeme gegen äußere Beeinflussungen (Elektromagnetische Verträglichkeit – EMV). Berlin (West): VDE-Verlag GmbH 1981

[4.3] *Hasse, P.; Wiesinger, J.:* Handbuch für Blitzschutz und Erdung. Berlin (West): VDE-Verlag 1982

[4.4] *Dutschke, H.; Grebenstein, K.:* Explosionsschutz in Automatisierungsanlagen. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 190. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[4.5] *Bussenius, S.:* Brand- und Explosionsschutz in der Industrie. Berlin: Staatsverlag der DDR 1982

[4.6] *Olenik/Wettstein/Rentzsch:* BBC-Handbuch für Explosionsschutz. Essen: Girardet-Verlag 1983

[4.7] *Gimbel, R.:* Kabelabschirmung und deren Wirkung. Neue Technik 25 (1983) H. 4, S. 29–31

[4.8] *Neuhaus, H.; Pigler, F.:* Blitzkennwerte als Grundlage der Bemessung von Blitzschutzmaßnahmen. Elektrotechn. Z. 103 (1982) H. 9, S. 463–467

[4.9] *Ziegler, K. H.:* ursadat 5000 – ein modernes mikroprozessororientiertes Prozeßrechnersystem. Impuls 22 (1982) H. 3, S. 97–104

[4.10] ursatron 5000. Kundeninformation. Hrsg. VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow. Bd. 4, Ausgabe 1982

[4.11] ursatron 5000. Kundeninformation. Hrsg. VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow. Bd. 3, Ausgabe 1982

[4.12] Katalog „Automation Bauteile“. VM BADAT 02. Hrsg. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

[4.13] ursatron 5000. Kundeninformation. Hrsg. VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow. Bd. 2, Ausgabe 1982

[4.14] Mikrorechner K 1520. Betriebsdokumentation. Hrsg. VEB Kombinat Robotron

[4.15] Einheitsbaureihe Stromversorgungsbaugruppen. Anwendervorschrift. Hrsg. VEB Kombinat Robotron 1982

[4.16] ursatron 5000. Kundeninformation. Hrsg. VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow. Bd. 4, Ausgabe 1982

[4.17] *Schönfeld, R.; Habiger, E.:* Automatisierte Elektroantriebe. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[4.18] ursatron 5000. Kundeninformation. Hrsg. VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow. Bd. 1, Ausgabe 1982

[4.19] *Kliemow/Neuhofer/Küppenbusch/Roth:* Richtlinie für die Errichtung und Rekonstruktion von Meßwarten in der chemischen Industrie. Arbeitsschutz in der Chemie 1/77

[4.20] Richtlinien für die arbeitswissenschaftliche Gestaltung von Meßwarten in der chemischen Industrie. Hrsg. Arbeitswissenschaftl. Zentrum d. Ministeriums der chemischen Industrie. Halle 1980

[4.21] *Cakir, A.; Hart, D. J.; Stewart, T. F. M.:* Bildschirmarbeitsplätze. Berlin (West)/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1980

[4.22] *Beck, H.:* Am Bildschirm beschwerdefrei arbeiten. Elektrotechnik 65 (1983) H. 3, S. 14–19

[4.23] *Cakir, A.; Reuter, H. J.; v. Schmude, L.; Armbruster, A.:* Anpassung von Bildschirmarbeitsplätzen an die physische und psychische Funktionsweise des Menschen. Forschungsbericht im Auftrage des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung, Bonn 1978

[4.24] *Krüger, H.; Müller-Limmroth, W.:* Arbeiten mit dem Bildschirm – aber richtig. Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung, München 1982

[4.25] Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze im Bürobereich. Hrsg. Fachausschuß Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Hamburg 1980
[4.26] AWV-Merkblatt zur „Arbeitsplatzgestaltung 7", Merkblatt zur Gestaltung von Büroarbeitsplätzen mit Bildschirmgeräten. Hrsg. Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung in Wirtschaft und öffentlicher Hand e. V., Eschborn 1982
[4.27] *Bauer, D.; Cavonius, C.:* Improving the legibility of visual display units through contrast reversal. Ergonomic aspects of visual display terminals (Verbesserung der Lesbarkeit von Bildschirmsichtgeräten durch Kontrastumkehr. Ergonomische Aspekte von Bildschirmsichtgeräten). London: Francis & Taylor Ltd. 1980
[4.28] *Benz, C.; Grob, R.; Haubner, P.:* Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH 1981
[4.29] *Grimm, R.; Haller, R.; Syrbe, M.:* Zur Ergonomie von Arbeitsplätzen mit Bildschirmen in der Prozeßwarte. Regelungstechn. Praxis 26 (1984) H. 1, S. 5–11
[4.30] *Hünting, W.; Läubli, Th.; Grandjean, E.:* Postural and visual loads at VDT workplaces (Körperliche und visuelle Belastungen an Bildschirmarbeitsplätzen). Ergonomics 24 (1981) S. 917–931.
[4.31] *Radl, G. W.:* Ergonomische und arbeitspsychologische Fragen bei der Textverarbeitung mit Bildschirmterminals. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH 1980
[4.32] *Geiser, G.; Frädrich, J.:* Mensch–Maschine–Kommunikation in Leitständen. PDV-Bericht. Projekt Prozeßlenkung mit DV-Anlagen KFK-PDV 131, Karlsruhe 1977
[4.33] *Benz, C.:* Impulse der Physiologie für die Gestaltung von Überwachungswarten. 2. Symposium der Gesellschaft für Sicherheitswissenschaften 1980 in Düsseldorf. Veröffentlicht als Sonderdruck 1981
[4.34] *Hofmann, W.:* Anthropotechnische Gesichtspunkte bei der Auslegung der Warte. Brown-Boveri-Mitt. 66 (1979) H. 3, S. 210–215
[4.35] *Grandjean, E.; Vigliani, E.:* Ergonomic aspects of visual display terminals (Ergonomische Aspekte von Bildschirmsichtgeräten). Proceedings of the international workshop Milan 17–19 March 1980. London: Taylor & Francis Ltd. 1980
[4.36] *Sorg, B.:* Probleme des Einsatzes von Bildschirmanzeigen in Kraftwerkswarten. Arbeitsbericht. Hrsg. VEB Design-Projekt Dresden 1980
[4.37] *Sorg, B.:* Ergonomische Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Blockwarten. Arbeitsbericht. Hrsg. VEB Design-Projekt Dresden 1981
[4.38] *Melzer, W.:* Bericht über experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung optimaler Betrachtungsabstände bei Bildschirmanzeigen. Hrsg. VEB Design-Projekt Dresden 1982
[4.39] *Drechsler, J.:* Beleuchtung von KW-Blockwarten mit Bildschirmanzeige. Arbeitsbericht. Hrsg. VEB Design-Projekt Dresden 1981
[4.40] *Kokoschka, S.:* Visuelle Kriterien für die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen. Internat. Lichtrundschau (1980) H. 4, S. 119–123
[4.41] *Radl, G.:* Lichtreflexe auf Bildschirmen, ein ergonomisches Problem und die Möglichkeiten seiner Lösung. Firmenschrift: Fa. G. Reichelt, Bergisch-Gladbach 1981
[4.42] *Herbst, C.:* Erfahrung mit der Beleuchtung von Büros mit Bildschirmarbeitsplätzen. Licht u. Beleuchtung 27 (1980) H. 2, S. 20–22
[4.43] *Kokoschka, S.; Bodmann, H. W.:* Untersuchungen zum Beleuchtungsniveau und Zeichenkontrast am Bildschirmarbeitsplatz. Lichttechnik 30 (1978) H. 9, S. 395–399
[4.44] *Snoei, H.:* Arbeitsplatz mit Datensichtgeräten. Licht 32 (1980) H. 2, S. 79–82
[4.45] *Prahl, W.:* Lichttechnische Gestaltung der Bildschirmarbeitsplätze. Licht 31 (1979) H. 10, S. 420–423
[4.46] *Bormann, V.:* Sehanforderungen und einige lichttechnische Besonderheiten an Arbeitsplätzen mit Bildschirmen. Soz. Arbeitswiss. 27 (1983) H. 2, S. 156–163
[4.47] Beleuchtung mit künstlichem Licht. Teil 1 – Innenraumbeleuchtung. VEM-Projektierungsvorschrift. PV Ord.-Nr. 2.1/12.81. Hrsg. Institut für Elektroanlagen, Berlin 1981

[4.48] *Neugebauer, D.:* Geräte für Grundkonfigurationen der Basisrechner des Kombinats Robotron. EDV-Aspekte 2 (1983) H. 1, S. 5–15

[4.49] Systemunterlagen – Dokumentation. Hrsg. VEB Kombinat Robotron Zentrum für Forschung und Technik. Ausgabe 1982

[4.50] *Syrbe, M.:* Über die Beschreibung fehlertoleranter Systeme. Regelungstechnik 28 (1980) H. 9, S. 280–289

[4.51] *Kriesel, W.; Töpfer, H.:* Zuverlässigkeit von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern. Maschinenbautechnik 30 (1981) H. 8, S. 357–361

[4.52] *Brau, N.; Kriesel, W.:* Zuverlässigkeits-Strukturanalyse bei Automatisierungsanlagen, Teil 1. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) H. 1, S. 75–79

[4.53] *Brau, N.; Kriesel, W.:* Zuverlässigkeits- Strukturanalyse bei Automatisierungsanlagen, Teil 2. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) H. 2, S. 141–144

[4.54] *Kriesel, W.; Chorchordin, A. W.:* Problemstellungen der Software-Zuverlässigkeit bei Automatisierungssystemen mit Mikrorechnern. messen steuern regeln 24 (1981) H. 6, S. 316–319

[4.55] *Kriesel, W.; Chorchordin, A. W.:* Abschätzung und Sicherung der Software-Zuverlässigkeit von Automatisierungssystemen mit Mikroprozeßrechnern. messen steuern regeln 24 (1981) H. 7, S. 375–379

[4.56] Berechnung der Zuverlässigkeit von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern. Katalog Automation: Projektierungsvorschriften. PV 35-02-01. Hrsg. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Abschnitt 5.

[5.1] *Neumann, P.; Lembke, G.:* Auswirkungen des Mikrorechnereinsatzes in Automatisierungsanlagen auf die Projektierung, Fertigung und Prüfung. KDT-Schriftenreihe „Automatisierungstechnik“, H. 3. Hrsg. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 1979

[5.2] *Beyer, W.; Löschner, W.; Bödeker, K.:* Technologie des Elektroanlagenbaus. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[5.3] *Zachau, H.:* Außenmontage im Maschinen- und Anlagenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1982

[5.4] *Wiedmer, H.:* Angewandte Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1976

[5.5] VEM-Taschenbuch Automatisierungs- und Elektroenergieanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1977

[5.6] *Klein, R.:* Automatisierungsanlagen, Aufbau und Verbindungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1972

[5.7] *Müller, G.; Reuter, H.-K.; Elssner, W.:* Technologische Fertigungsvorbereitung – Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1979

[5.8] VEM-Handbuch Zuverlässigkeit von Automatisierungs- und Elektroenergieanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[5.9] *Hanke, H.-J.; Fabian, H.:* Technologie elektronischer Baugruppen. VEB Verlag Technik 1975

[5.10] *Rockstroh, W.:* Die technologische Betriebsprojektierung, Bd. 1 bis 4. Berlin: VEB Verlag Technik 1977 bis 1981

[5.11] *Schubert, J.:* Handbuch der Exportverpackung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1969

[5.12] *Bussenius, S.; Backhauss, L.:* Grundprogramme der Inbetriebnahmevorbereitung von ausgewählten Hauptausrüstungen. Chem. Technik 30 (1978) H. 5, S. 228–230

Abschnitt 6.

[6.1] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zuverlässigkeit durch Automatisierung. Die Technik 31 (1976) H. 11, S. 700–703

[6.2] VEM-Handbuch Zuverlässigkeit von Automatisierungs- und Elektroenergieanlagen. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[6.3] *Baldeweg, F.; Balzer, D.; Brack, G.:* Automatische Prozeßsicherung in Produktionssystemen. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 204. Berlin: VEB Verlag Technik 1983

[6.4] *Brack, G.:* Zu Anforderungen an die Qualität der Funktionserfüllung von Automatisierungsanlagen. messen steuern regeln 24 (1981) H. 7, S. 362–365

[6.5] *Trapeznikov, V. A.:* Avtomatičeskoe upravlenie i èkonomika (Automatische Steuerung und Wirtschaftlichkeit). Avtomat. i telemech. 23 (1966) H. 1, S. 5–22

[6.6] *Trapeznikov, V. A.:* O nekotorych perspektivach v razvitii upravljajuščich sistem (Über einige Entwicklungsperspektiven automatisierter Systeme). Avtomat. i telemech. 43 (1981) H. 7, S. 7–14

[6.7] *Stout, T. M.; Cline, R. P.:* Control system justification (Justierung eines Regelsystems). Instrum. Technol. 23 (1976) H. 9, S. 51–58

[6.8] *Greiner, B.; Weidlich, S.:* Auslegung und Aufbau von Sicherheitseinrichtungen mit Mitteln der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik. Chemie-Ing.-Technik 54 (1982) H. 8, S. 722–729

[6.9] *Tröster, E.:* Sicherheitstechnische Überlegungen des Anlagenbauers und des Betriebes. Chemie-Ing.-Technik 54 (1982) H. 8, S. 717–721

[6.10] *Beuschel, J.:* Zuverlässigkeit regelungstechnischer Prozesse. Impuls 21 (1981) H. 4, S. 147–156

[6.11] *Beuschel, J.:* Zur Zuverlässigkeitsproblematik dezentral genutzter Automatisierungsgeräte mit Mikrorechnern. messen steuern regeln 27 (1984) H. 8, S. 358–361

[6.12] *Czschornack, P.; Kliemann, J.:* Zum Einfluß verfahrenstechnischer Trends auf die Zuverlässigkeit von BMSR-Ausrüstungen in der chemischen Industrie. Chem. Technik 29 (1977) H. 7, S. 367–371

[6.13] *Krigman, A.:* Advances in instrumentation: Where we are going? (Fortschritte in der Instrumentierung: Wo stehen wir, wo geht es hin?). Instrum. Technol. 30 (1983) H. 9, S. 113–140

[6.14] *Fries, P.:* Zuverlässigkeitsbewertung technischer Systeme an Beispielen aus der Prozeßautomatisierung. Siemens Energietechnik 6 (1984) H. 1, S. 2–7

[6.15] *Wegener, F.; Niedorf, K.:* Zur Betriebszuverlässigkeit automatisierter technologischer Prozesse. radio fernsehen elektronik 31 (1982) H. 4, S. 210–212

[6.16] *Nottebohm, H.:* Automatisierung in der Verfahrenstechnik – Möglichkeiten und Grenzen. Chemie-Ing.-Technik 55 (1983) H. 5, S. 346–352

[6.17] *Enkelmann, W.:* Erfahrungen mit modern automatisierten Prozessen. Chemie-Ing.-Technik 55 (1983) H. 6, S. 496–497

[6.18] *Malyj, S. A.:* Optimal'noe proektirovanie sistemy technologičeskij kompleks ASU TP (Optimale Projektierung automatisierter Steuerungssysteme ASU TP). Avtomat. i telemech. 39 (1977) H. 11, S. 184–196

[6.19] *Patrikeeva, N. I.:* Napravlenija techničeskogo progressa v proizvodstve oborudovanija i sredstv avtomatizacii dlja chimičeskich predprijati za rubežom (Technische Entwicklungsrichtungen der Produktion von Ausrüstungen und Automatisierungseinrichtungen im Ausland). Chimičeskaja promyšlennost' za rubežom (1974) H. 10, S. 43–58

[6.20] *Stalloch, G.:* Instandhaltung von BMSR-Anlagen. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 178. Berlin: VEB Verlag Technik 1977

[6.21] *Eichler, C.:* Instandhaltungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1977

[6.22] *Beichelt, F.:* Effektive Planung prophylaktischer Maßnahmen in der Instandhaltung. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 185. Berlin: VEB Verlag Technik 1979

[6.23] *Beichelt, F.; Franken, P.:* Zuverlässigkeit und Instandhaltung. Berlin: VEB Verlag Technik 1983

[6.24] Systemverfügbarkeit von Computern. Neue Technik 21 (1980) H. 6/7, S. 25–28

[6.25] *Joschek, H.-I.; Helmstädter, G.; Dehler, J.; Langensiepen, H.-W.:* Quantitative Risikoanalysen in der chemischen Industrie. Chemie-Ing.-Technik 52 (1980) H. 2, S. 123–132

[6.26] *Krüger, H. G.:* Aufgaben, Leistungen und Ziele der Instandhaltung in der chemischen Industrie. Chemie-Ing.-Technik 52 (1980) H. 2, S. 135–141

[6.27] *Hädrich, E.; Seiferth, J.:* Rationelle Prüfung, Inbetriebnahme und Wartung von Automatisierungsanlagen in Großkraftwerken. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 3, S. 105–112

[6.28] *Krüger, H. G.:* Kostensenkung durch planmäßige Instandsetzung unter Berücksichtigung der erforderlichen Verfügbarkeit. Chemie-Ing.-Technik 55 (1983) H. 8, S. 625–629

[6.29] *Schwadtke, D.; Löffler, Chr.:* Problemstellung beim Entwurf und bei der Realisierung ingenieurmäßig orientierter Zuverlässigkeitsarbeit in der Kraftwerksautomatisierung. Energietechnik 31 (1981) H. 7, S. 266–271

[6.30] *Werner, G. W.:* Systematische Schadensverhütung und -bekämpfung – Theorie und Praxis von Methoden einer industriellen Zuverlässigkeitsarbeit. 2. Aufl. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1983

[6.31] *Kretzschmann, U.:* Diagnosemöglichkeiten redundant aufgebauter Mikrorechnersysteme. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau u. Kombinat Elektroenergieanlagenbau 19 (1983) H. 5, S. 232–235

[6.32] *Chenli, E.; Kumamoto, Ch.:* Nadežnost techničeskich sistem i ocenka riska (Zuverlässigkeit technischer Systeme und Schätzung des Risikos). Moskva: Mašinostroenie 1984

[6.33] *Rosemann, H.:* Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit technischer Anlagen und Geräte. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1981

[6.34] *Wohllebe, H.:* Technische Diagnostik im Maschinenbau. Berlin: VEB Verlag Technik 1978

[6.35] *Hummitzsch, P.:* Zuverlässigkeit von Systemen. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1972

[6.36] *Reinschke, K.:* Aufstellen von Zuverlässigkeitsersatzschaltungen und Fehlerbäumen. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 181, 1. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1977

[6.37] *Brünecke, K.:* Methodik zum Nachweis der Entwurfskennwerte der Zuverlässigkeit und Sicherheit bei Mikrorechnersystemen, Teil 1. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 3, S. 116–118

[6.38] *Syrbe, M.:* Zuverlässigkeit von Systemen. Regelungstechn. Praxis 25 (1983) H. 8, S. 307–311

[6.39] *Balzer, D.; Böhme, B.:* Zur Abschätzung der Softwarezuverlässigkeit in automatisierten Steuerungssystemen. messen steuern regeln 25 (1982) H. 12, S. 687–694

[6.40] *Zarenin, Ju. G.:* Količestvennoe opisanie nadežnosti realisacii algoritmov v ASU (Quantitative Beschreibung der Zuverlässigkeit bei der Realisierung von Algorithmen für ASU). Pribory i sist. upravl. 17 (1980) H. 2, S. 3–4

[6.41] *Werner, G. W.; Werner, R.:* Untersuchungen von Instandhaltungsaufwendungen für Automatisierungseinrichtungen – wichtige Voraussetzung zur weiteren Gestaltung der Instandhaltungsleistungen. messen steuern regeln 27 (1984) H. 6, S. 246–248

[6.42] *Heß, K.:* Technische Diagnostik und technische Prophylaxe. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 193. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

[6.43] *Trapeznikov, V. A.:* Der Mensch im Steuerungssystem. messen steuern regeln 15 (1972) H. 3, S. 94–96

[6.44] *Pasquier, J.; Schaltegger, P.:* Interaktives Programm zur Berechnung von Systemzuverlässigkeiten. Neue Technik 23 (1981) H. 3, S. 24–26

[6.45] *Schwadtke, D.; Platz, W.-W.:* Betrachtungen zur Methodik der Zuverlässigkeitsarbeit an der Automatisierungstechnik der 500-MW-Blockeinheiten. messen steuern regeln 25 (1982) H. 8, S. 444–450

[6.46] *Czschornack, P.; Kliemann, J.:* Störungsanalyse für Automatisierungseinrichtungen. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 11 (1973) H. 5, S. 205–209

[6.47] *Schmidt, G.:* Das zuverlässige Handeln des Menschen als wesentliche Bedingung der Betriebssicherheit von Chemieanlagen. Chem. Technik 29 (1977) H. 8, S. 461–464

[6.48] *Kliemann, J.:* Ökonomische Bewertung von Automatisierungsanlagen – Tendenzen und Erfordernisse. Tech. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) H. 2, S. 111–115

[6.49] *Hartmann, K.; Gruhn, G.:* Neuere Ergebnisse bei der optimalen Gestaltung verfahrenstechnischer Systeme. Chem. Technik 29 (1977) H. 5, S. 251–257.

[6.50] *Glužkov, V. M.; Ivas'kiv, Ju. L.; Beljavskij, V. L.:* General principles of structural organization of highperformance control and computing systems (Allgemeine Methoden der strukturellen Organisation von leistungsfähigen Regelungs- und Rechnersystemen). 7. IFAC-Weltkongress, Helsinki 1978

[6.51] *Syrbe, M.:* Über die Beschreibung fehlertoleranter Systeme. Regelungstechnik 28 (1980) H. 9, S. 280–289

[6.52] *Richter, K.:* Realisierung von hierarchischen Multi-Mikrorechner-Systemen mit hohem Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveau. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 19 (1983) H. 1, S. 35–38

[6.53] *Nikolaizik, J.:* Vergleich zum Aufbau von fehlertoleranten Automatisierungssystemen. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 19 (1983) H. 4, S. 162–166

[6.54] *Sauer, A.; Witte, H. H.:* Einsatz eines Lichtwellenleiter-Bussystems in einer verteilten Multimikrocomputerstruktur. Siemens FuE-Berichte Bd. 9 (1980) H. 1, S. 32–37

[6.55] *Klingler, H.:* Fehlertoleranter Computer garantiert hohe Zuverlässigkeit. Elektronik 32 (1983) H. 2, S. 55–60

[6.56] *Strickert, H.; Troppens, D.:* Technische Diagnostik und Automatisierung. messen steuern regeln 26 (1983) H. 11, S. 615–620

[6.57] *Diezemann, B.:* Zuverlässigkeitsarbeit im Automatisierungsanlagenbau. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) H. 4, S. 220–224

[6.58] *Schwadtke, D.; Platz, W. W.:* EDV-gestützte Schwachstellenanalyse – Erfahrungen mit einer Methode der Zuverlässigkeitsarbeit an der Automatisierungstechnik von 500-MW-Blockeinheiten. messen steuern regeln 26 (1983) H. 11, S. 640–643

[6.59] *Anders, H.-D.; Schilar, H.; Schwarz, K.:* Zum Bewertungsproblem im Sozialismus. Berlin: Akademie-Verlag 1974

[6.60] *Kljuev, J. B.:* K voprosu ob opredelenii urovnja technologiii proizvodstva (Zu Fragen der Bestimmung des technischen Niveaus der Produktion). Pribory i sist. upravl. 8 (1971) H. 3, S. 60–61

[6.61] *Rouscik, L.; Oberländer, K.:* Langfristige Erzeugnis-, Sortiments- und Produktionsentwicklung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1975

[6.62] *Urbach, W.:* Systemgedanke in der Automatisierung. Erdöl u. Kohle, Erdgas, Petrolchemie 28 (1975) H. 3, S. 126–131

[6.63] *Kliemann, J.:* Zur Bewertung des Automatisierungsaufwandes. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 15 (1977) H. 4, S. 215–218

[6.64] Allgemeine Bedingungen für Warenlieferungen zwischen den Mitgliedsländern des RGW, Moskau 1968 und 1975

[6.65] Allgemeine Bedingungen für den Kundendienst des RGW, Moskau 1973

[6.66] *Wagner, G.; Lindner, H.; Stalloch, G.; Kliemann, J.:* Kundendienst, Schulung, Instandhaltung. Schulungsheft Nr. 13, Erzeugnissystem UK 4000 des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 1978

[6.67] *Arndt, N.; Mahlow, W.:* Kundendienst – ein wichtiges Element der Marktarbeit. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 11 (1973) H. 5, S. 199–200

[6.68] Allgemeine Prinzipien der Ersatzteilversorgung des RGW und der SFRJ. Moskau 1973

[6.69] *Levin, A. A.:* Buduščee priborostroenija dlja avtomatizacii upravlenija proizvodstvom (Der zukünftige Gerätebau für die Automatisierung der Produktion). Pribory i sist. upravl. 11 (1974) H. 2, S. 1–4

[6.70] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zum Generationswechsel bei Automatisierungssystemen. Regelungstechn. Praxis 24 (1982) H. 10, S. 336–341

[6.71] *Epštejn, V. L.:* Avtomatizacija projektirovanija i ASU buduščego (Automatisierung der Projektierung und künftige ASU). Avtomat. i telemech. 40 (1978) H. 9, S. 161–171

[6.72] *Britall, W.:* Betrachtungen zum Generationswechsel bei Automatisierungsanlagen. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 10 (1972) H. 5, S. 195–201

[6.73] *Kriesel, W.:* Stand und Tendenzen des Einsatzes der Mikrorechentechnik in Automatisierungsanlagen. ELEKTRIE 38 (1984) H. 2, S. 45–49

[6.74] *Färber, G.:* Mikroelektronik – Entwicklungstendenzen und Auswirkungen auf die Automatisierungstechnik. Regelungstechn. Praxis 24 (1982) H. 10, S. 326–336

[6.75] *Töpfer, H.:* INTERKAMA 1983. messen steuern regeln 27 (1984) H. 5, S. 227–229

[6.76] *Brack, G.:* Kontinuität und Wandel der Automatisierungstechnik in der Chemieindustrie unter dem Einfluß der Mikroelektronik. Chem. Technik 35 (1983) H. 7, S. 333–338

[6.77] *Töpfer, H.:* Zur Entwicklung der Automatisierungstechnik. ELEKTRIE 38 (1984) H. 4, S. 133–137

Abschnitt 7.

[7.1] *Hartmann, H.-U.; Spietschka, B.; Tobian, T.:* Automatisierung einer petrolchemischen Anlage mit dem neuen Automatisierungssystem. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 17 (1981) H. 1, S. 14–18

[7.2] *Müller, W.:* Automatisierungssystem audatec in der chemischen Industrie. Wiss.-techn. Inf. KAAB und KEA 19 (1983) H. 2, S. 56–57

[7.3] *Weber, Ch.; Franke, H.:* Automatisierung einer Vakuumdestillationsanlage mit Mikrorechnern. Techn. Inf. VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow 18 (1980) Sonderausgabe, S. 27–31

[7.4] *Schulze, J.:* Automatisierungssystem audatec im Heizkraftwerk Karl-Marx-Stadt Nord II. Wiss.-techn.-Inf. KAAB und KEA 19 (1983) H. 3, S. 98–101

[7.5] *Rafalzik, W.:* Vergleichende Untersuchungen zu den Regelstrukturen der Verbrennungsregelung. Bericht. Hrsg. ORGRB-Institut, Vetschau 1981

[7.6] *Barge, W.; Haak, L.; Pape, W.:* Einsatz autonomer Automatisierungseinrichtungen des Systems audatec in Kraftwerken. Wiss.-techn. Inf. Kombinat Automatisierungsanlagenbau 18 (1982) H. 6, S. 230–234

[7.7] *Haak, L.:* Erprobungsergebnisse audatec in Hagenwerder III. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 20 (1984) H. 3

[7.8] *Herpel, H.; Moltmann, B.:* Energieeinsparung durch den Einsatz einer autonomen Automatisierungseinrichtung des Systems audatec in Heizwerken. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 18 (1982) H. 5, S. 182–185

[7.9] *Moltmann, B.; Stern, U.:* Einsatz einer Basiseinheit als autonome Automatisierungseinrichtung des Systems audatec in einem Stahlwerk. Wiss.-techn. Inf. KAAB u. KEA 18 (1982) H. 2, S. 48–53

Sachwörterverzeichnis

Alarmdarstellung 77, **188**, 193
Alarmmeldung 70
Alarmprotokoll 58, 77, **187ff.**
Analogausgabe 73, **105**, 132
Analogeingabe 73, **100**, 129ff.
Anlagenaufbaukonzept 52ff.
  Anlagenkonfiguration 57
  Anlagenschutz 88
  Anlagenstromversorgung 86
  Einrichtungsfunktionen 68
  Informationsgewinnung und -nutzung 66
  Informationsübertragung 82
  Merkmale 52
Anlagendokumentation 261ff.
Anlagengestaltung 15ff.
  Effektivität 20
  Merkmale 52
  Niveaustufung 21, 27
  Prinzipien 19ff.
  Ziele 18ff.
Anlagenkonfigurator
  Chemie 48
  Gebäudeautomation 46
  Großverbund 63
  Kleinverbund 59
  Kraftwerke 49
  Tagebautechnik 51
  Warmwalzwerke 50
Anlagenmontage 287ff.
Anlagenprüfung **280**, 294
Anlagenschutz 88
Anlagenstromversorgung 86ff.
Anlagenstruktur 32ff., 53ff.
Anlagentest 280
Anschlußbaugruppe 118
Anschlußsteuerung **109**, 166
Anwendernutzen **23**, 26, 350
Arbeitsbereich 174
  taktil 171
  visuell 175
Arbeitsplatzgestaltung 171
  Arbeitsbereich 174
  Beleuchtung 177ff.
  Farbgebung 179
  Sichtbedingungen 175
  Standards 181
audatec
  Anwendungsbeispiele 309ff.
  Baugruppen 94ff.
  Betriebssystem 196ff.
  Bussystem 82ff.
  Einsatzvarianten 47ff.
  Fertigungsunterlagen 261
  Firmware 197, 211
  Grundeinheit 94
  Inbetriebsetzung 291
  Konfiguration 47, **57ff.**, 138, 148, 239, 312, 320, 325
  Leitstand 180
  Mikrorechnerfunktionseinheiten 53, 68, **119ff.**, 136
  Prüfung 269ff.
  Softwarestrukturierung 198
  Standardsoftware 60, 197ff., 211
Ausfallerkennung 74
Automatisierung
  Chemie 47, 309
  Erdung 90
  Heizwerk 332
  Kraftwerk 49, 322
  Metallurgie 334
  Siemens-Martin-Ofen 334ff.
  Stahlwerk 348
  Tagebautechnik 50
  verfahrenstechnische Prozesse 52ff., 309
  Walzwerk 50
Automatisierungsanlage
  Aufbaukonzept 52ff.
  Aufwand 15
  Bewertung 22ff.
  Blitzschutz 91
  Datenübertragung 82ff.
  dezentral 45ff.
  Erdung 91
  Explosionsschutz 92
  Fertigung 263ff.
  Gebrauchswert 15ff.
  Grundfunktion 14
  Hardware 93ff., 119ff.
  Inbetriebnahme 291
  Instandhaltung 297
  Konfiguration **57ff.**, 312, 315, 320, 325
  Montage 287ff.
  Potentialtrennung 90
  Prüfung 277ff., 294
  Schirmung 89
  Software 196ff.
  Störbeeinflussung 88
  Stromversorgung 86ff.
  Struktur 32ff., 42ff., 311

Systemmerkmale 52ff.
Systemübersicht 45ff.
Automatisierungseinrichtung, autonome 57, 329ff.
Prozeßkommunikation 194
Systemkommunikation 242

Back-up-Einrichtung 53
Basissoftwaremodule 200, **204ff.**
Standardsatz 206
Zahlenformat 211
Basissteuereinheit 53
Analogausgabe 132
Analogeingabe 129
Anschlußebene 121ff.
Betriebsregime 204
Betriebssystem 199
Datenbereitstellung 208
Datenstruktur 209
Datenverteilung 208
Digitalausgabe 132
Digitaleingabe 132
Fehlerdiagnose 246, 252
Fertigung 268
Hardwaretest 277
konstruktiver Aufbau 119
Prozeßsignalanschluß 128, 134
Prüfung 277
Software 198
Steuerprogramm 201ff.
Stromversorgung 125ff.
Systemüberwachung 127
Tastzeit 202
Verarbeitungsfunktion 68ff.
Verarbeitungsorganisation 71
Zeitorganisation 203
Baugruppen
Analogausgabe 105
Analogeingabe 101ff.
Anschlußtechnik 118
Digitalausgabe 108
Digitaleingabe 106
Einspeisemodul 112
Koppelbaugruppe 109ff.
Lüfterkassette 117
Mikrorechnersystem K 1520 95ff.
Netzanschlußeinheit 112
Prozeß-/Eingabe-/Ausgabe 100
Prüfung 270ff.
Sicherungsbaustein 111
Stromversorgungsmodul 114ff.
Systemüberwachung 110
Überwachung 113
ursadat-Grundeinheit 94
Zwischenblockinterface 98
Baugruppenprüfung 270ff.
Bedienhandlung 191
Bedienprotokoll 58, 76, **187ff.**
Bedienpult 53, **75ff.**
Alarmdarstellung 77
Beleuchtung 177
Einzeldarstellung 77
Gruppendarstellung 77
Übersichtsdarstellung 76
Informationsdarstellung 76
Verarbeitungsfunktion 78
Verarbeitungsorganisation 79
Bedientastatur 153ff.
Blockschaltbild 156
alphanumerisch 156
Beleuchtung
Bedienpult 177
Wartenfeld 177ff.
Bestückungsebene 122ff.
Belegungsrichtlinie 124
Betriebsleitebene 55f., 64, 181
Betriebssystem
Basissteuereinheit 203
Software 229
Bildarten
Alarmdarstellung 77
Fließbild 194
Funktionseinheitenstatus 251
Gruppendarstellung 77
Einzeldarstellung 77
Trenddarstellung 193
Übersichtsdarstellung 76
Bildschirmanzeige 58, 173
Bildschirmarbeitsplatz
Arbeitsbereich 174
Arbeitsplatzgestaltung 171
Bedienhandlung 191
Beleuchtung 177ff.
Bildschirmanzeige 173
Farben 187
Sichtbedingungen 175
Blitzschutz 91
Bussteuerung 84
Bussystem 33, 82ff., 98f.
optisch 37

CAD/CAM 16,306
Chemische Industrie
Automatisierung 309
Prozeßbeschreibung 310

Datenbahnsteuerstation 55, **79ff.**
Baugruppen 141
Betriebssystem 138
Bussteuerung 84
Datenstruktur 229
Datenübertragungsprozeduren 83
Eigendiagnose 255
Hardwaretest 277
Konfiguration 138
konstruktiver Aufbau 139
Mastervergabe 228
Prüfung 277, 279

  Software 225ff.
  Stationsabfrage 227
  Stationsanlauf 226
  Steuerprogramm 225
  Stromversorgung 142
  Systemtest 279
  Systemüberwachung 145
  Verarbeitungsprogramm 225
Datensicherung **144**, 151
Datenübertragung 82ff., 218
  Ablauf 85
  Organisationsprozeduren 83
  Übertragungsprozeduren 84
Datenübertragungsschnittstelle 44
Datenverarbeitungsperipherie 185ff.
Digitalausgabe 132ff.
  ursadat 5000 108
Digitaleingabe 132ff.
  ursadat 5000 106f.
Dispatcherebene 55, **65**, 181

Eigendiagnose **251**, 254ff.
  Datenbahnsteuerstation 255
Einchipmikrorechner 35
Einkanalregler 41
Einrichtungssoftware 196
Einspeisemodul 112
Einzeldarstellung 77, **193**
Erdung **91**, 142, 151
Explosionsschutz 92

Farbmonitor 53, 136, **157ff.**
  Blockschaltbild 158
  Anschlußsteuerung 159
  Farben 187
  Rahmenfestlegung 188
Fehlerdiagnose 153, 246
Fehlererkennung 245
Feldbus 31f.
Fertigung, stationär 263
  Durchlaufschema 264
Fertigungsorganisation 265
Fertigungsunterlagen
  audatec 261
Firmware 60, 196ff., 211
  Prüfung 274, 279
Fließbild 194
Funktionsbaugruppenprüfung 273
Funktionseinheitenstatus 251
Funktionsnachweis 292, **294**
  Anlagentest 280
  Baugruppen 270
  Firmware 274
  Grundprüfung 275
  Hardwaretest 276
  Systemtest 278ff.

GAA 5000 46
Gebäudeautomation 46
Gefäßanschlußebene 121ff.
Gefäßfertigung 266
Gefäßprüfung 269ff.
Gefäßtechnik
  Ergonomie 168
  Farbgebung 179
  Fertigung 266
  Konstruktion 167
  Sitzpult 170
  Sortiment 169
Gesamtanlage 13
Großverbundanlage **62f.**, 324
Grundbarriere 93
Grundprüfung 275
Gruppendarstellung 58, 77, **189**

Hardcopydrucker **162**, 166, 186
Hardware 93ff., **119ff.**
  Prüfung 275ff.
Hardwareadresse 95
Hardwaretest 276ff.

Inbetriebnahme 291ff.
Informationsausgabe 31
  Alarmdarstellung 77
  Einzeldarstellung 77
  Gruppendarstellung 77
  Übersichtsdarstellung 76
Informationseingabe 31
Informationsgewinnung **29ff.**, 38, 66
Informationsnutzung 32, 67
Informationssystem **326ff.**
Informationsübertragung 31, **82**
Informationsverarbeitung 27, **39**
Informationsverarbeitungsebene, dezentral
  53, 59, **64**
Inselbetrieb 42
Instandhaltung 297ff.
  Aufwandssenkung 302
Interface **31**, 98
Interrupt 72

K 1520 96ff.
  Koppelbaugruppe 109
  Rechnerkern 96
  Speicherbaugruppen 97
Kartenbaugruppe **94ff.**, 141
  Prüfung 272
Kassettenmagnetbandgerät **161**, 185
Kleinverbundanlage **58ff.**, 317, 330
Kolonnenregelung 319ff.
Kommunikationsblock 68, **200**, 209
Kommunikationsebene 53, 60ff., 64, **135ff.**
Kommunikationsstelle 68
  analoge **187**, 191
  Bedienhandlung 191
  binäre **187**, 192
  Farbgebung 187

Konfigurierung 239
Konfiguration
autatec 47, 57, 138, 148, 239, 312, 320, 325
Automatisierungsanlage 57ff., 312, 315, 320, 325
Datenbahnsteuerstation 138
Pultsteuerrechner 148ff.
Verarbeitungskette 241
Wartenrechnerkoppeleinheit 182
Koppelbaugruppe 109ff.
Kraftwerksautomatisierung 49, **322ff.**
Mehrkanaltemperaturregelung 329
Verbrennungsluftregelung 328
Kundendienst 303

Leitstand 166, **172**, 180
Lichtwellenleiter
Aufbau 36
Eigenschaften 36
Mikrorechnerankopplung 37
Übertragungsstrecke 36
Verbindungselemente 38
Wirkungsweise 36
Lichtwellenleitertechnik 35ff.
Lüfterkassette 117

Master 80, **83ff.**, 228
Mastervergabe 228
Mehrkanalregler 39
Mensch-Anlage-Kommunikation 31, 61f., 75ff.
Mensch-Maschine-Kommunikation 61ff., 75ff.
Meßumformer, digital 30
Mikroelektronik 25ff.
Anwendernutzen 26
Herstellereffekte 26
Integrationsgrad 25
Mikroprozessorregeleinrichtung 28ff.
ursamar 5001 29
Mikroprozeßrechentechnik 38ff.
Mikrorechner 38ff.
Baugruppen 40, 94ff.
Blockschaltbild 40
Digitalregler 39, 69
Funktionseinheiten 37, 68, 119ff., 136
K 1520 96ff.
Mikrorechnerfunktionseinheit 37, 53, 68, 119ff., **136**
Mikrorechnergrundeinheit 94
Mikrorechnerkassette 149
Mikrorechnersystem **42**, 44, 95ff.
Monitor 53, 136, **157**
Montage 287ff.

Netzanschlußeinheit 112
Nutzeffekte
Automatisierung 23
Mikroelektronik 26
Siemens-Martin-Ofen-Regelung 350

Ofenregelung 318, **334ff.**

Paralleltechnik 32
Peripheriegeräte 185ff.
Anschlußsteuereinheiten 166
Potentialtrennung **90**, 93
Produktionsvorbereitung 261
Programmtechnik 316
Protokolldrucker 162, 166
Prozeß-/Eingabe-/Ausgabe **99**, 73
Prozeßkommunikation 58, 62, 75ff., 187ff., 194
Alarmdarstellung 191
Einzeldarstellung 191
Fließbilder 194
Gruppendarstellung 187
Trenddarstellung 191
Prozeßleitebene 53, 60ff., 64, 135ff.
Prozeßsignalkopplung 134
Prozeßsignalkreis 129
Analogausgabe 132
Analogeingabe 132
Digitalausgabe 132ff.
Digitaleingabe 132ff.
Prüfung 269ff.
Anlage 280, 294
audatec 269ff.
Automatisierungsanlage 277ff., 294
Basissteuereinheit 277
Baugruppen 270ff.
Datenbahnsteuerstation 277ff.
Firmware 274, 279
Pultsteuerrechner 277ff.
Teilanlage 279
Verdrahtung 275
Pultsteuerrechner
Datensicherung 151
Datenstruktur 224
Datenübertragungsorganisation 218
Eigendiagnose 254
Eingabe-/Ausgabeorganisation 216
Fertigung 267
Hardwaretest 277
Konfiguration 148ff.
konstruktiver Aufbau 149ff.
Mikrorechnerkassette 150
Programmablaufsteuerung 214
Prüfung 277ff.
Software 211ff.
Softwareüberwachung 253ff.
Steuerprogramm 212
Stromversorgung 151
Systemanlauf 213
Systemtest 278ff.
Systemüberwachung 151ff.
Verarbeitungsprogramm 221

Zeitsteuerung 214

Rechnerkern 96
Redundanz 224, **256ff.**
Reserve-Basissteuereinheit 53f., **73ff.**
Ausfallerkennung 75
Betriebssystem 229
Datenorganisation 232
Reservebetrieb 231
Software 229
Steuerprogramm 231
Verarbeitungsorganisation 75
Wartebetrieb 231
Reservebetrieb 231

Schaltnetzteil 115
Schirmung
elektrostatisches Feld 89
magnetisches Feld 89
Schnittstelle, serielle 44
Schulung, anwenderbezogene 307
herstellerbezogene 306
Schwarzweißmonitor 136, **160**
Sensor, intelligenter 29f., 33
Sicherheitsbarriere 93
Sicherungsbaustein 111
Siemens-Martin-Ofen
Automatisierung 335ff.
Automatisierungskonzept 336
Hardwareprojektierung 338
Softwareerarbeitung 344
Strukturierung 346
Sitzarbeitsplatz 168ff.
Sitzpult 170ff.
Betrachtungsabstand 174
Blend- und Reflexbedingungen 178
Sichtbedingungen 175
Slave 83ff.
Software 196
Basismodul 200, 204
Basissteuereinheit 198ff.
Betriebssystem 229
Datenbahnsteuerstation 225ff.
Datenverteilung 198
Entwurf 196
Firmware 196ff.
Kommunikationsblock 200
objektabhängig 196
Organisation 96
Pultsteuerrechner 211
Reserve-Basissteuereinheit 229
Struktur 196, 211, 248, 323
Strukturierung 198, 52ff., 315, 344ff.
Überwachung 253
Verarbeitungsfunktion 221ff.
Verarbeitungskette 200
Wartenrechner 235
Wartenrechnerkoppeleinheit 233
Zuverlässigkeit 248
Softwareentwurf 196
Softwareorganisation 196
Softwarestruktur **196**, 211, 223, 248
Softwarestrukturierung 52ff., **198**, 315, 344ff.
Softwaretechnologie 21, 52ff., **196ff.**, 315, 344ff.
Softwareüberwachung 253
Softwarezuverlässigkeit 348
Speicher, extern 161ff., 166
Standards 351ff.
Arbeitsplatzgestaltung 181
Begriffe 351
Definitionen 351
Errichtungsvorschriften 352
Explosionsschutz 353
Fertigung 361
Gefäßtechnik 358
Geräte 356
Instandhaltung 363
Investitionsvorbereitung 360
Interfaces 357
Kommunikation 359
Mensch-Maschine-System 359
Software 360
Störbeeinflussung 353
Symbole 351
TUL 362
Umgebungseinflüsse 354
Wartentechnik 358
Zuverlässigkeit 356
Standardsoftware 60, 197ff., 211
Stationsabfrage 228
Stelleinrichtung, intelligente 32f.
Stellgliedansteuerung 67
Steuerprogramm
Basissteuereinheit 201ff.
Datenbahnsteuerstation 225
Pultsteuerrechner 212
Reserve-Basissteuereinheit 231
Wartenrechnerkoppeleinheit 233
Steuerung, speicherprogrammierbare 41
verdrahtungsprogrammierbare 41
Störbeeinflussung 88
Stromversorgung 86
Basissteuereinheit 125ff.
Datenbahnsteuerstation 142
Module 114ff.
Pultsteuerrechner 151
Strukturierung
Software 52ff, 198, 315, **344ff.**
Systemkommunikation **62**, 75ff.
Anzeigefunktion 237
Funktionseinheitenstatus 236
Systemtechnik 17ff.
Systemtest 277, **279ff.**
Datenbahnsteuerstation 279
Pultsteuerrechner 278
Systemüberwachung 110
Basissteuereinheit 127

Datenbahnsteuerstation 145
Pultsteuerrechner 151ff.

Tagebauautomatisierung 50
Tastenfeldbelegung 155
Tastzeit 202
Teilanlagenprüfung 279
Telegrammaufbau **83**, 86
Temperaturregelung 329
Trenddarstellung 193
Trendspeicher 203
TUL-Prozeß **287**ff., 295

Übersichtsdarstellung 76, **188**
Überspannungsschutz 91
Überwachungsbaustein 110, **113**f.
Überwachungsfunktion
Hardware 252
Software 253
Unterstation 46
ursadat 5000 94ff.
Analogausgabe 105
Analogeingabe 100ff.
Datenübertragung 98
Digitaleingabe 106
Prozeßausgabe 99
Prozeßeingabe 99
ursadat-Grundeinheit 94
ursalog 4000 324
ursamar 5000 28ff., 324
ursatron 5000 94

Verarbeitungsfunktionen **68**, 221ff.
Verarbeitungskette
Konfiguration 241
Software 200

Verarbeitungsprogramm **221**, 225
Hintergrundprogramm 222
Mastervergabe 228
Prozeßkommunikation 222
Stationsabfrage 227
Stationsanlauf 226
Systemkommunikation 223
Verbindungsbaugruppen 118
Verbrennungsregelung 328
Verbundbetrieb 43
Verdrahtungsprüfung 275
Verfahrensautomatisierung 52ff., 309ff.
Verfügbarkeit 245ff.
Versorgungsenergie 86ff.
Vorfertigung, mechanische 266
Durchlaufschema 266

Walzwerksautomatisierung 50
Wartengestaltung **171**, 176
Beleuchtung 178
Farbgebung 179
Standards 181
Wartenrechner 55ff., 82, 182
konstruktiver Aufbau 184
Software 235
Stromversorgung 184
zentrale Verarbeitungseinheit 183
Wartenrechnerkoppeleinheit **56**, 65, 81, 151
Software 233
Softwarestruktur 234
Steuerprogramm 233
Zentralroutine 233

Zuverlässigkeit **247**ff., 300, 356
Software 248
Zwischenblockinterface 98f.